

# ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА

---

УДК 616-053-2-036: 12-02.613.865

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.08

## ОЦЕНКА РИСКА УТОМЛЕНИЯ У РАБОТНИКОВ НЕРВНО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ТРУДА

**И.В. Бухтияров<sup>1,2</sup>, О.И. Юшкова<sup>1</sup>, М.А. Фесенко<sup>1</sup>, А.Г. Меркулова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, Россия, 105275, г. Москва, пр. Буденного, 31

<sup>2</sup>Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Россия, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

---

*Обсуждаются результаты оценки риска утомления по субъективным и объективным показателям у членов экипажей гражданской авиации.*

*Цель исследования состояла в оценке риска утомления и переутомления по субъективным и объективным показателям сердечно-сосудистой и центральной нервной системы при утреннем и вечернем типах биоритмов при трудовых нервно-эмоциональных нагрузках и сменной деятельности у членов экипажей воздушных судов, диспетчеров и операторов. Основную долю обследуемых составили работники в возрасте 35–45 лет со стажем работы 5–15 лет.*

*При производстве полетов утомление оценивалось субъективно путем опроса членов экипажа по шкале сонливости Эворта, Каролинской шкале сонливости, контролю состояния экипажа по Самну–Перелли. Работоспособность изучали по тесту РVT (задание на психомоторную бдительность), мониторингу сна, актиграфии. Динамика циркадных ритмов изучалась по изменению минимальной температуры тела членов экипажей воздушного судна. Для оценки биоритмологического типа активности использованы анкеты Остберга. Функциональные резервы организма работников оценивались с использованием нагрузочных проб. Для анализа функциональных возможностей системы кровообращения и состояния адаптации у работников с различными биоритмологическими типами в динамике рабочей смены рассчитывался индекс функциональных изменений.*

*Представлены результаты исследования физиологических реакций сердечно-сосудистой и центральной нервной системы у работников с утренними и вечерними типами биоритмов. Показано, что у операторов в процессе выполнения трудовой деятельности при сменном режиме труда особенности формирования функционального состояния тесно взаимосвязаны с биоритмологическим типом активности. Более неблагоприятные физиологические реакции при выполнении трудовой деятельности отмечались у «жаворонков». Разработаны способы снижения риска, связанного с утомлением и переутомлением при работе в сменном режиме. Показано, что напряжение регуляторных механизмов системы кровообращения, снижение мотивации к труду, самочувствия у лиц «утреннего биоритмологического типа» указывает на необходимость коррекции функционального состояния организма при работе в сменном режиме, особенно при высокой степени напряженности труда.*

**Ключевые слова:** *нервно-эмоциональный труд, сменная деятельность, физиологическая реакция, риск утомления, биоритмологический тип активности, регуляторный механизм.*

---

© Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Фесенко М.А., Меркулова А.Г., 2018

**Бухтияров Игорь Валентинович** – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор, заведующий кафедрой медицины труда, авиационной, космической и водолазной медицины (e-mail: ivdukhtiyarov@mail.ru; тел.: 8 (495) 365-02-09).

**Юшкова Ольга Игоревна** – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики, профессор (e-mail: doktorolga@inbox.ru; тел.: 8 (495) 366-44-55).

**Фесенко Марина Александровна** – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией профилактики нарушений репродуктивного здоровья работников (e-mail: marnast@mail.ru; тел.: 8 (495) 365-29-81).

**Меркулова Анастасия Геннадьевна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики (e-mail: anastasia.merkoulova@gmail.com; тел.: 8 (495) 365-09-63).

Проблема оценки риска утомления, или утомляемости, весьма актуальна в настоящее время и, как правило, включает выявление опасных факторов, оценку риска и его снижение [1, 2–4]. Термин «утомляемость» широко используется в публикациях Международной организации гражданской авиации (International Civil Aviation Organization – ИКАО) [5], однако в данной работе будут использоваться общепринятые понятия «утомление» и «переутомление». Согласно определению ИКАО, утомление члена экипажа воздушного судна (ВС) представляет собой физиологическое состояние пониженной умственной или физической работоспособности в результате бессонницы или длительного бодрствования, фазы суточного ритма и/или рабочей нагрузки (умственной или физической деятельности). Снижение работоспособности может ухудшить активность и способность члена экипажа безопасно управлять воздушным судном или исполнять служебные обязанности.

Центральное место в изучении утомления членов экипажа гражданской авиации (ГА) занимают две области науки: гипнология и хронобиология [6]. Исходя из исследований деятельности головного мозга во время сна, разработаны практические рекомендации по уменьшению сонной инерции и компенсации дефицита сна, а также способы сведения к минимуму помех для сна, организации рациональных режимов труда и отдыха. Аналогичная проблема соблюдения и организации режима труда и отдыха существует у водителей автомобилей, у машинистов магистральных локомотивов и др. [18]. В целом дефицит сна в большей степени сказывается на сложных видах мыслительной деятельности, таких как принятие решений, чем на выполнении относительно простых задач. Полное восстановление функций нервной системы после ограничения сна может потребовать более двух ночей восстановительного сна.

При исследовании 67 экипажей Боинга 747–400 было показано, что недостаток сна приводит к возрастанию количества ошибок, которые совершает экипаж [2]. У командиров экипажей часто встречались ситуации, при которых выявленные погрешности не устранялись. В области принятия решений отмечалась тенденция к выбору менее рискованных вариантов действий, что могло снижать потенциальный риск развития утомления.

Согласно хронобиологии нарушение циркадных ритмов у работников ГА возможно во время ночных грузовых рейсов на внутренних

линиях или при пересечении нескольких часовых поясов и воздействии резких изменений цикла «день–ночь». Показано, что у работников ГА ошибки возникали чаще всего в определенный период – окно минимальной циркадной активности (ОМЦА), что учитывалось при расследовании авиационных происшествий.

Отдельно изучался синдром смены часовых поясов (десинхроноз), при этом обращалось внимание на количество пересекаемых поясов и направление перелета. Адаптация функций организма при полете с востока на запад занимала меньше времени. По результатам исследований была установлена раздельная ресинхронизация, когда у одних ритмов фаза сдвигалась в сторону опережения, а у других в сторону задержки.

Сменную работу определяют как рабочий режим, требующий бодрствования экипажа в период цикла биологических часов, соответствующего ночным часам, т.е. периоду сна [8, 9]. Члены экипажа ночных грузовых рейсов страдали от неполной адаптации циркадных ритмов к ночному режиму работы. В ряде случаев они были вынуждены выполнять последний ночной полет в пик сонливости – так называемый период ОМЦА. И только выполнение рутинной работы спасало их от необходимости адекватного реагирования на нестандартные ситуации.

Данные литературы свидетельствуют о том, что способность работать в сменном режиме чрезвычайно индивидуальна. Считается, что 20 % всех сменных рабочих полностью адаптируются к работе в многосменном режиме. Еще 20 % не могут адаптироваться к такому виду трудовой деятельности и, как результат, страдают от физических и психических перегрузок [10–13]. В результате исследований биоритмологической активности работников была разработана и составлена «циркадианная (околосуточная) система человека». Согласно этой системе, частота сердечных сокращений является максимальной в 15–16 часов, систолическое артериальное давление, ударный и минутный объем крови – в 12–16 часов [14,15]. Нормальной кривой суточного ритма является кривая с максимальным подъемом в середине или во второй половине дня. Исследовались суточные изменения функционального состояния организма здоровых людей, занимающихся сменным трудом [16–18].

Адаптация к работе в многосменном режиме зависит от характера трудовой деятельности и от типа биоритмологической активно-

сти [10]. В настоящее время предприняты попытки выделения лиц утреннего и вечернего биоритмологического типа, что в литературе и повседневной жизни нашло отражение в названиях «жаворонки» и «совы». Кроме того, рядом авторов [19] описан третий биоритмологический тип, получивший наименование «аритмики» или «голуби». Предложены тесты для оценки биоритмологической активности людей, однако изучение особенностей формирования функционального состояния работающих в зависимости от биоритмологического типа практически не проводилось. Хотя широкая распространенность сменных графиков в различных видах деятельности, включая операторско-диспетчерскую умственную деятельность, указывает на необходимость проведения таких исследований.

Анализ литературы показывает, что в физиологии труда проблема изучения функционального состояния, стадийности физиологических процессов, связанных с переходом утомления в переутомление, физиологических критериев отдельных стадий состояния является одной из главных и представляет не только научный, но и практический интерес [12, 20]. Однако «физиологическая стоимость» деятельности лиц различных биоритмологических типов (утреннего и вечернего) в зависимости от степени напряженности труда в полной мере не изучена, что не позволяет обосновать практические меры по эффективному использованию трудящихся для ответственной работы в качестве членов экипажей ВС в гражданской авиации, операторско-диспетчерской работы при сменном режиме.

**Цель исследований** – оценка риска утомления и переутомления по субъективным и объективным показателям сердечно-сосудистой и центральной нервной системы у работников с утренними и вечерними типами биоритмов при трудовых нервно-эмоциональных нагрузках и сменной деятельности (у членов экипажей ВС, диспетчеров, операторов)

**Материалы и методы.** При производстве полетов утомление оценивалось субъективно путем опроса членов экипажа по шкале сонливости Эпворта, Каролинской шкале сонливости, контролю состояния экипажа по Самну–Перелли. Объективно оценивалась их работоспособность по тесту РVT (задание на психомоторную бдительность), мониторингу сна с использованием дневников, актиграфии (регистрация движений и выявление периодов бодрствования

и дремоты). Динамика циркадных ритмов изучалась по изменению минимальной температуры тела членов экипажей ВС.

В производственных условиях обследовались работники четырех профессиональных групп. К первой относились машинисты папиросо-сигаретных линий фабрики «Дукат», ко второй – операторы роботизированных технологических комплексов (РТК), к третьей – диспетчеры московского аэропорта, к четвертой – операторы персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ). Основную долю обследуемых составили работники в возрасте 35–45 лет со стажем работы 5–15 лет.

Для оценки биоритмологического типа активности использованы анкеты Остберга [10, 15], при этом обследовались работники полярных биоритмологических типов, относящихся к «жаворонкам» и «совам». Профессиографический анализ деятельности с определением напряженности труда проводился в соответствии с Р 2.2.2006-05 [21], для оценки концентрации внимания использована корректурная проба с кольцами Ландольта (рассчитан объем воспринимаемой информации – ОВИ), состояния кратковременной памяти – тест «Память на числа», скорости восприятия и переработки зрительных и слуховых сигналов – хронорефлексометрия [22], состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по показателям частоты сердечных сокращений, систолического ( $АД_c$ ) и диастолического ( $АД_d$ ) артериального давления, которые позволили рассчитать величины пульсового и среднединамического артериального давления, ударного объема крови, минутного объема крови, периферического сопротивления [23, 24]. Проводился расчет должных величин общей гемодинамики (должный минутный объем крови – ДМО, должное периферическое сопротивление – ДПС). На основании сопоставления фактических данных с должными величинами показателей сердечно-сосудистой системы определялись типы кровообращения (гиперкинетический – ГЕ, эукинетический – ЭУ, гипокинетический – ГО) [25].

Функциональные резервы организма работников оценивались с использованием нагрузочных проб. Для пробы с дозированной физической нагрузкой применялся велоэргометр (мощность нагрузки 100 Вт, продолжительность 1,5 минуты). Регистрация всех показателей системы кровообращения проводилась до нагрузки, во время ее выполнения и в период последствия в течение 5 минут.

Для оценки функциональных возможностей системы кровообращения и состояния адаптации у работников с различными биоритмологическими типами в динамике рабочей смены рассчитывался индекс функциональных изменений в соответствии с методическими рекомендациями МЗ РСФСР [20].

Исследования проводились от 3 до 5 раз в течение утренней, вечерней и ночной 8-часовой смены у операторов РТК, дневной и ночной 12-часовой смены у машинистов сигаретных линий и диспетчеров аэропорта. В результате получены кривые суточной активности по всем изучаемым показателям в зависимости от биоритмологического типа (утренний – первая группа, вечерний – вторая группа).

**Результаты и их обсуждение.** Профессиографический анализ деятельности экипажей воздушных судов гражданской авиации выявил преобладание эмоциональных нагрузок, обусловленных высокой значимостью ошибок, степенью ответственности за безопасность других лиц, риском для собственной жизни, возможностью возникновения конфликтных ситуаций. Интеллектуальные нагрузки связаны с единоличным руководством в сложных ситуациях, работой в условиях дефицита времени, восприятием сигналов с комплексной оценкой всех параметров. Высокий уровень сенсорных нагрузок, неблагоприятный режим работы – все это позволяет классифицировать труд членов экипажей ВС по классу 3, 3-й степени в соответствии с показателями напряженности трудового процесса [21].

Изучение структуры деятельности операторов роботизированных технологических комплексов (РТК) показало, что напряженность труда у них определяется уровнем сенсорных нагрузок, включая выраженную длительность сосредоточенного наблюдения, восприятие информации с пульта управления роботами-манипуляторами, а также с дисплеев, отражающих работу станков. Режим работы предусматривает трехсменный 8-часовой график работы.

Машинисты сигаретных линий работают в сменном 12-часовом режиме. Трудовая деятельность связана с контролем и наблюдением за дисплеями станков с числовым программным управлением (ЧПУ), с корректировкой нарушений в автоматизированной системе и постоянным контролем качества продукции в строгом временном режиме согласно инструкции. Общая оценка трудовой деятельности операторов РТК и машинистов сигаретных ли-

ний позволила отнести их труд ко 2-му допустимому классу по показателям напряженности труда (НТ) согласно Р 2.2.2006-05 [21].

Нервно-эмоциональные нагрузки диспетчеров аэропорта обусловлены большой плотностью зрительных сигналов, включая информацию с экрана видеодисплейного терминала, и звуковых сигналов и сообщений в единицу времени, высокой длительностью сосредоточенного внимания, работой в условиях дефицита времени, высокой степенью сложности задания, выраженной ответственностью за жизнь других людей, значимостью ошибки. Особенности трудовой деятельности диспетчеров определяют 3-й вредный класс 2-й степени по показателям напряженности труда, операторов персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ) применительно к условиям летного труда – класс 3.1.

У летного экипажа, выполняющего дальнемагистральные и сверхдальние перелеты (СДП), циркадные биологические часы не успевали адаптироваться ни к одному из часовых поясов в пунктах назначения. Исследования НАСА экипажа из трех человек (командир, второй пилот, бортинженер) показали, что они не возвращаются в свой домашний часовой пояс на длительное время в ходе выполнения ряда трансстихоокеанских рейсов [26, 27]. По показателям времени достижения минимальной температуры тела у членов экипажа наблюдался сдвиг внутреннего цикла биологических часов. Для нормализации психофизиологического состояния по возвращении домой требовалось несколько дополнительных дней отдыха.

Более благоприятная ситуация наблюдалась при периодическом нахождении членов экипажа в своем домашнем часовом поясе во время стоянок. У суточных биологических ритмов сохранялась способность поддерживать синхронизацию с местным временем домашнего часового пояса. При этом встречались случаи адаптации циркадных биоритмов к часовому поясу пункта назначения при длительном пребывании в пункте и выполнении местных полетов в течение нескольких дней.

По результатам исследований структуры трудовой деятельности членов экипажа ВС зафиксированы особенности, обусловленные выполнением различных видов полетов [28]. У экипажей (из двух человек) на ближнемагистральных рейсах была выявлена наибольшая продолжительность служебного времени в течение дня и самые короткие периоды отдыха.

При этом причинами утомляемости считались ограничения сна из-за краткости периодов отдыха, раннего пробуждения и времени начала рабочего дня, а также высокая рабочая нагрузка.

При выполнении внутренних ночных грузовых рейсов у экипажей (два пилота и один бортинженер) наблюдались периоды отдыха в дневное время, а работа осуществлялась в ночные часы. Исследования ритма изменений температуры тела позволили установить отсутствие адаптации циркадных биоритмов к данному графику работы.

Основные причины утомляемости членов экипажей, выполняющих дальнемагистральные перелеты, включали большую продолжительность служебного времени, длительный период бодрствования (20,6 ч), обусловленный отсутствием места для отдыха экипажа (табл. 1). В ряде случаев возникала необходимость использования воздушного судна в неблагоприятный период циркадного ритма, когда членам экипажа требуются дополнительные усилия для поддержания работоспособности, несмотря на усталость и плохое самочувствие. Дробный режим сна и отдельные кратковременные

периоды сна во время стоянок также усиливали утомление.

Исследованиями показано, что у членов экипажей последствия недосыпания накапливаются, и темпы накопления утомления зависят от нарастания дефицита сна. Сон в местах отдыха на борту воздушного судна отличается меньшей глубиной и худшим качеством, в то время как гомеостатический процесс определяет потребность организма в медленно-волновом сне. Оказывается, что предпочтительнее сон в ночное время. По результатам исследований выявлены пики сонливости: первый в часы раннего утра – так называемое окно минимальной циркадной активности (ОМЦА) – с 03:00 до 05:00; пик в середине дня (окно дневной дремоты) – с 15:00 до 17:00. Временные рамки пиков сонливости различаются у людей с утренним типом биологической активности («жаворонков») и вечерним типом («совы»).

Результаты исследований показали, что для умственных форм труда характерно формирование устойчивых уровней основных функций центральной нервной системы (ЦНС), определяемых по трем составляющим: эффективность,

Таблица 1

Причины утомления членов экипажей ВС, связанные с работой

Фактор, связанный с утомлением	Вид полетов		
	ближнемагистральные рейсы (БМ-рейсы)	ночные грузовые рейсы (НГ-рейсы)	дальнемагистральные рейсы (ДМ-рейсы)
Ограничение сна вследствие краткости периодов отдыха	+		
Ограничение сна вследствие раннего времени явки к месту исполнения служебных обязанностей	+		
Многочисленные периоды высокой рабочей нагрузки в течение полетной смены	+		
Выполнение полетов через большое число секторов	+	+	
Выполнение полетов в условиях интенсивного воздушного движения	+		
Большая продолжительность служебного времени в течение дня	+		+
Длинные периоды бодрствования в течение рабочего дня			+
Высокая рабочая нагрузка в период низкой циркадной активности		+	+
Короткие периоды сна, не согласующиеся с циркадными ритмами организма		+	+
Сбой циркадных ритмов, вызванный ночной работой		+	+
Дробный режим сна и короткие эпизоды сна во время стоянок		+	+
Сбой циркадных ритмов, обусловленный многократным пересечением часовых поясов			+
Фазовый сдвиг в цикле циркадных биологических часов, вызванный удлинением цикла чередования работы и отдыха			+

стабильность, надежность. Так, эффективность кратковременной памяти (количество запоминаемых чисел) составляла до работы у машинистов сигаретных линий первой группы («жаворонки»)  $6,40 \pm 0,21$ ; второй группы («совы») –  $6,51 \pm 0,14$ ; в конце дневной рабочей смены –  $6,56 \pm 0,15$  и  $6,43 \pm 0,22$  соответственно, различия между группами статистически не значимы. Стабильность функций колебалась в пределах 3,2 %. Достаточно устойчивыми были уровни такого показателя функции кратковременной памяти, как надежность. Аналогичные данные получены по функции внимания и восприятия простой информации.

При высокой степени напряженности труда (класс 3.2) установлено снижение активности функции ЦНС к концу смены. Показатели ЦНС не достигали высокого функционального уровня. В динамике смены наблюдалось снижение концентрации внимания у диспетчеров «утреннего типа» на 15,3 % и «вечернего типа» на 13,4 % после 12 часов работы, что превышает физиологические нормы напряжения организма и указывает на существенное снижение умственной работоспособности и развитие утомления.

Анализ суточных кривых показателей ЦНС выявил более низкие уровни эффективности кратковременной памяти в вечерние часы, чем в ночные и утренние. В то же время показатели стабильности функции внимания, восприятия зрительной и слуховой информации были достаточно устойчивыми и не различались в дневные и ночные часы. Иными словами, обнаруживалось сглаживание суточных кривых основных показателей ЦНС независимо от принадлежности к определенной биоритмологической группе. По-видимому, это обусловлено требованиями операторских видов труда и устраняет снижение работоспособности, формируя дополнительное напряжение организма.

Физиологические исследования сердечно-сосудистой системы показали, что выявляется сохранение суточной периодики показателя частоты сердечных сокращений у операторов РТК вечернего биоритмологического типа при незначительной степени напряженности труда (2-й допустимый класс). Это нашло отражение в более низких статистически достоверных показателях частоты сердечных сокращений (ЧСС) в ночную смену, по сравнению с утренней у лиц «вечернего типа» («совы»), которые составили по среднесменным значениям  $69,90 \pm 1,17$  и  $74,22 \pm 1,40$  уд./мин соответственно ( $p < 0,05$ ). У операторов «утреннего типа» («жаворонки») пока-

затели ЧСС не различались в ночную ( $74,27 \pm 1,04$  уд./мин) и утреннюю ( $72,0 \pm 1,95$  уд./мин) смены. Это указывает на сохранение суточного ритма частоты сердечных сокращений у «сов», т.е. лиц с вечерним биоритмологическим типом. Нарушение ритма ЧСС у «жаворонков» (лиц с утренним биоритмологическим типом) может приводить к дополнительному напряжению регуляции сердечно-сосудистой системы, связанному со сменным режимом работы.

При сравнении показателей артериального давления при незначительной степени напряженности труда, соответствующей 2-му допустимому классу, не было выявлено статистически значимых изменений показателей артериального давления на протяжении суток у лиц с утренним и вечерним биоритмологическим типом. Так, среднесменный уровень АД<sub>c</sub> в вечернюю смену составил у лиц первой группы  $118,43 \pm 1,07$  мм рт. ст., второй группы –  $116,84 \pm 0,97$  мм рт. ст.; по сравнению с утренней сменой:  $112,29 \pm 0,75$ ;  $110,84 \pm 1,27$  соответственно; и ночной:  $114,84 \pm 2,30$ ;  $111,87 \pm 2,36$  мм рт. ст. Диастолическое артериальное давление находилось примерно на одном и том же уровне в утренние и ночные периоды исследований.

Аналогичные данные были получены у машинистов сигаретных линий, труд которых можно отнести по напряженности также ко 2-му допустимому классу. Отличие этих работников от предыдущей профессиональной группы заключается в более длительном 12-часовом рабочем дне.

Исследования артериального давления при нагрузочных пробах показали, что АД<sub>c</sub> достигает наибольших значений при выполнении физической нагрузки именно у «жаворонков». В конце вечерней смены эти значения составили  $150,0 \pm 3,20$  мм рт. ст., в начале ночной смены  $140,0 \pm 1,91$  мм рт. ст., в конце ночных часов работы –  $144,09 \pm 3,80$  мм рт. ст. У лиц, относящихся к группе «сов», соответствующие значения были ниже:  $146,11 \pm 3,61$ ;  $135,83 \pm 3,59$ ;  $140,62 \pm 3,33$  мм рт. ст. соответственно. Прирост показателей АД<sub>c</sub> на нагрузку, как правило, был наибольшим в конце рабочей смены и колебался в пределах 24,5–26,4 %. Кроме того, у лиц, относящихся к утреннему биоритмологическому типу, отмечалось замедленное восстановление реакций по нормализации уровней артериального давления. Если у работников «вечернего типа» показатели АД<sub>c</sub> восстанавливались к 4-й минуте, то у «жаворонков», особенно в конце ночной смены, их восстановле-

ние затягивалось и достигало фоновых величин только на 5-й минуте последствия. Индивидуальный анализ показателей выявил в ряде случаев и более позднее восстановление, что свидетельствует о неблагоприятной реакции сердечно-сосудистой системы, связанной с накоплением (кумуляцией) рабочего напряжения.

Полученные расчетные величины ударного (УО), минутного объема (МО) крови и периферического сопротивления (ПС) показали, что установленные уровни полностью соответствуют возрастным нормам. Динамические изменения этих показателей под влиянием работы отсутствовали. Для определения особенностей типов кровообращения полученные величины минутного объема крови и периферического сопротивления сопоставлялись с должными величинами. Определение типа кровообращения по среднегрупповым соотношениям фактических уровней МО и ПС с должными позволило выявить преобладание гиперкинетического и эукинетического типов кровообращения как у «жаворонков», так и у «сов», что можно расценивать как благоприятный результат приспособления организма к трудовой нагрузке.

Сравнительный анализ результатов исследований работников с различными биоритмологическими типами при высокой степени напряженности труда (класс 3.2) выявил статистически достоверные различия артериального давления как в начале смены, так и в динамике рабочего дня. У диспетчеров аэропорта с утренней биоритмологической активностью («жаворонки») величины систолического артериального давления составили в начале дневной смены  $134,28 \pm 2,29$  мм рт. ст., в конце смены –  $140,91 \pm 1,28$  мм рт. ст., диастолического давления  $82,16 \pm 2,13$  и  $84,22 \pm 1,46$  мм рт. ст. соответственно. У диспетчеров с вечерним биоритмологическим типом («совы») исходные значения систолического артериального давления в начале дневных часов работы оказались равны  $127,51 \pm 2,64$  мм рт. ст., в конце работы –  $126,0 \pm 1,78$  мм рт. ст. Различия между группами статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Исследования артериального давления у работников с различными типами биоритмов показали, что у «жаворонков» уровни систолического и диастолического давления являлись более высокими, чем у «сов». Показатели превышали физиологически допустимые значения, регламентируемые для лиц умственного труда. Были установлены также высокие уровни среднего динамического давления в начале работы

( $99,53 \pm 1,45$  мм рт. ст.) и на протяжении всей смены (от  $101,71 \pm 1,24$  до  $103,12 \pm 1,16$  мм рт. ст.). Это свидетельствует о напряжении системы кровообращения у работников с утренним биоритмологическим типом. Говоря о «совах», следует отметить, что показатели артериального давления соответствовали физиологическим нормативным значениям.

Анализируя данные, видим, что не было выявлено достоверных различий между показателями артериального давления в дневные и ночные смены. У «жаворонков» отмечалось отсутствие статистически значимых различий (разницы) в среднесменных уровнях систолического артериального давления ( $138,39 \pm 1,45$  и  $139,03 \pm 1,48$  мм рт. ст. соответственно,  $p > 0,05$ ) и диастолического давления ( $83,45 \pm 0,48$  и  $83,82 \pm 0,42$  мм рт. ст. соответственно) в дневные и ночные часы работы. Аналогичные данные получены в группе «сов» по показателям систолического ( $126,82 \pm 1,24$  и  $125,59 \pm 1,01$  мм рт. ст.,  $p > 0,05$ ) и диастолического давления ( $72,35 \pm 0,48$ ,  $p > 0,05$ ;  $72,16 \pm 0,76$  мм рт. ст.,  $p > 0,05$ ). Полученные результаты свидетельствуют о нарушении суточной периодики артериального давления у диспетчеров, относящихся как к утреннему, так и к вечернему биоритмологическому типу. Вместо ожидаемого снижения показателей АД в ночную смену, связанного с повышением активности парасимпатической нервной системы, отмечались высокие значения данных на протяжении ночных часов работы, что указывает на развитие десинхроноза.

Сходство в физиологических реакциях работников двух биоритмологических типов при выраженной напряженности труда (3-й вредный класс 2-й степени) заключается в нарушении суточной периодики показателей систолического и диастолического артериального давления. Различия нашли отражение в превышении физиологически допустимых значений показателей артериального давления, регламентируемых для работников умственного труда, у лиц с утренним биоритмологическим типом и сохранение нормативных значений у лиц с вечерним типом.

Результаты анализа особенностей гемодинамики позволили выявить у «жаворонков» значительный процент лиц с гипокинетическим типом кровообращения; у операторов, относящихся к группе «сов», преобладал более благоприятный эукинетический тип кровообращения. Известно, что формирование гипокинетического

типа у работающих указывает на возможность развития гипертонической болезни.

Расчетный индекс функциональных изменений (ИФИ), характеризующий адаптационный потенциал системы кровообращения [20], у профессиональной группы со 2-м классом условий труда (операторов РТК) составил по среднесменному уровню в утреннюю смену  $2,20 \pm 0,05$  балла у «жаворонков» и  $2,19 \pm 0,04$  балла у «сов»; в вечернюю смену –  $2,40 \pm 0,04$  и  $2,27 \pm 0,05$  балла соответственно; в ночную смену –  $2,29 \pm 0,06$  и  $2,21 \pm 0,04$  балла соответственно. Эти величины, согласно оценочной шкале, соответствуют удовлетворительной адаптации. Однако выявлена тенденция к более высоким показателям у «жаворонков», особенно в вечернюю смену.

У машинистов сигаретных линий со 2-м классом условий труда наблюдается состояние функционального напряжения, так как в дневную смену ИФИ у «жаворонков» составил  $2,64 \pm 0,05$  балла, у «сов» –  $2,66 \pm 0,03$ ; в ночную смену:  $2,57 \pm 0,01$  и  $2,59 \pm 0,05$  балла. Полученные результаты, возможно, обусловлены длительной 12-часовой рабочей сменой. Последующее увеличение напряженности труда (класс 3.2) приводит к неудовлетворительной адаптации у лиц с утренним биоритмологическим типом. Значения индекса функциональных изменений системы кровообращения при этом составили в дневную смену  $2,93 \pm 0,05$  балла и в ночную –  $2,64 \pm 0,06$ . У лиц с вечерним биоритмологическим типом показатели были ниже (дневная смена  $2,64 \pm 0,06$  балла; ночная смена –  $2,63 \pm 0,05$ ). Выявленная статистически значимая разница показателей ( $p < 0,05$ ) у двух групп обследуемых с различными типами («жаворонки», «совы») указывает на менее выраженное напряжение функционального состояния

организма у лиц «вечернего типа» («совы») и позволяет предположить у них более успешную адаптацию к сменному режиму работы.

Полученные результаты свидетельствуют о перестройке суточного ритма индекса функциональных изменений системы кровообращения у операторов РТК в ответ на трудовую нагрузку в пределах удовлетворительной адаптации. В то время как у машинистов сигаретных линий при одинаковой с операторами РТК степени напряженности труда (2-й допустимый класс) и более продолжительном рабочем дне индекс функциональных изменений не различался в дневные и ночные часы работы. Эта закономерность прослеживается в профессиональной группе диспетчеров с классом 3.2 и отражает нарушение суточного ритма ИФИ как интегрального показателя состояния сердечно-сосудистой системы и указывает на развитие десинхроноза.

Результаты физиологических исследований подтверждаются данными субъективной оценки состояния и мотивации к труду. У диспетчеров аэропорта (при высокой степени напряженности труда) отмечался более низкий уровень показателей самочувствия, активности и настроения в ночную смену по сравнению с дневной, что особенно выражено у лиц с утренним биоритмологическим типом (первая группа). У машинистов сигаретных линий (2-й допустимый класс) не было выявлено статистически значимых различий в показателях самочувствия, активности и настроения. Уровень мотивации к труду у диспетчеров в ночную смену, как видно из табл. 2, был достоверно ниже, чем в дневную. Снижение мотивационного отношения диспетчеров к выполняемой деятельности в наибольшей степени выражено у лиц первой биоритмологической группы, что указывает на развитие переутомления.

Т а б л и ц а 2

Показатели трудовой мотивации у лиц различных биоритмологических типов в разные смены

Профессиональная группа	Тип биоритма	Самочувствие		Активность		Настроение		Мотивация		Класс НТ
		дневное	ночное	дневная	ночная	дневное	ночное	дневная	ночная	
Машинисты сигаретных линий	Жаворонки	$5,92 \pm 0,14$	$5,90 \pm 0,14$	$5,86 \pm 0,15$	$5,91 \pm 0,17$	$5,67 \pm 0,21$	$5,41 \pm 0,19$	$5,87 \pm 0,13$	$5,61 \pm 0,15$	2
	Совы	$6,02 \pm 0,23$	$6,0 \pm 0,13$	$5,83 \pm 0,17$	$5,88 \pm 0,15$	$5,56 \pm 0,11$	$5,60 \pm 0,14$	$5,90 \pm 0,16$	$5,85 \pm 0,15$	
Диспетчеры	Жаворонки	$5,0 \pm 0,20$	$4,38^* \pm 0,14$	$5,515 \pm 0,17$	$4,66^* \pm 0,14$	$4,91 \pm 0,12$	$4,40^* \pm 0,13$	$4,80 \pm 0,11$	$4,31^* \pm 0,14$	3.2
	Совы	$5,51 \pm 0,12$	$5,02^{**} \pm 0,13$	$5,60 \pm 0,14$	$5,34^{**} \pm 0,16$	$5,31^{**} \pm 0,12$	$5,0^{**} \pm 0,16$	$5,23^{**} \pm 0,15$	$5,19^{**} \pm 0,18$	

П р и м е ч а н и е: \* – различия между сменами статистически достоверны ( $p < 0,05$ ),

\*\* – различия между «жаворонками» и «совами» статистически достоверны ( $p < 0,05$ ).



О кумуляции утомления мы судили по двум критериям: недовосстановлении функций после предшествующей работы и недельной динамике исследуемых показателей. Анализ результатов, полученных у обследованных операторов ПЭВМ, применительно к условиям летного труда выявил снижение показателей самочувствия, активности и настроения, а также лабильности нервных процессов, ухудшение качества функционирования анализаторных систем и систем вегетативного обеспечения деятельности у операторов в каждый последующий день недели по сравнению с предыдущим. При этом исходные показатели в среду и пятницу были хуже, чем в понедельник, и по показателям субъективной оценки состояния в каждый последующий день – хуже, чем в предыдущий. Так, показатель настроения в начале рабочей смены понедельника составил  $5,95 \pm 0,56$ ; вторника –  $5,55 \pm 0,32$ ; среды –  $5,66 \pm 0,33$ ; четверга –  $5,50 \pm 0,43$ ; пятницы –  $5,43 \pm 0,29$  балла. Исходный уровень времени простой зрительно-моторной реакции в понедельник равнялся  $226,07 \pm 1,32$ , в среду –  $230,88 \pm 1,30$ , в пятницу –  $236,81 \pm 1,57$  мс, что указывает на неполное восстановление функций, накопление утомления. Исследования в процессе недельных циклов операторской работы показывают, что у 40 % операторов отмечается ухудшение показателей к концу недельного цикла, а также от недели к неделе, что свидетельствует о медленной кумуляции функциональных сдвигов.

Для профилактики переутомления нами апробированы в производственных условиях различные методы коррекции функционального состояния. Установлено, что сеансы аутотренинга (АТ) являются эффективным методом коррекции состояния сердечно-сосудистой системы: у всех профессиональных групп, независимо от сменного режима и уровня напряженности труда, наблюдались стабилизация ритма и снижение частоты сердечных сокращений, проявлялся гипотензивный эффект. В динамике сеансов электроанальгезии и электропунктуры таких изменений не происходило. При сменном графике работы сеансы аутотренинга в целом положительно влияют на функциональное состояние организма, что позволяет их рекомендовать лицам с утренним биоритмологическим типом.

**Выводы.** Анализ риска утомления у членов экипажей воздушных судов гражданской

авиации выявил основные причины развития неблагоприятного состояния переутомления: ограничение сна вследствие краткости периодов отдыха, дробный режим сна и короткие эпизоды сна во время стоянок, сбой и фазовый сдвиг циркадных ритмов, вызванный ночной работой или многократным пересечением часовых поясов, высокая рабочая нагрузка, большая продолжительность служебного времени.

Установлен повышенный риск переутомления у операторов с утренним биоритмологическим типом («жаворонков»), что нашло отражение в нарушении суточной периодики частоты сердечных сокращений при средней степени напряженности труда (операторы РТК), в превышении допустимых значений показателей артериального давления (регламентируемых для работников умственного труда) при высокой степени напряженности трудового процесса (диспетчеры), а также преобладании неблагоприятного типа регуляции кровообращения (гипокинетического).

Вегетативное обеспечение функционирования организма операторов с вечерним биоритмологическим типом по характеристикам состояния сердечно-сосудистой системы свидетельствует о благоприятной реакции гемодинамики на рабочую нагрузку: частота сердечных сокращений сохраняет суточный ритм (суточную периодичность), показатели систолического, диастолического и среднего динамического артериального давления, индекс функциональных изменений находятся в пределах физиологически допустимых величин и в динамике рабочего дня характеризуются стабильностью.

Разработаны способы снижения риска, связанного с утомлением и переутомлением при работе в сменном режиме. Напряжение регуляторных механизмов системы кровообращения, снижение мотивации к труду, самочувствия у лиц с утренним биоритмологическим типом указывают на необходимость коррекции функционального состояния организма при работе в сменном режиме, особенно при высокой степени напряженности труда.

Для работников гражданской авиации практические рекомендации включают несколько этапов: измерение уровня утомления членов экипажа, оценка риска, разработка и введение мер по снижению риска (правила контролируемого отдыха в кабине экипажа и др.).

## Список литературы

1. Дементьенко В.В., Дорохов В.Б. Оценка эффективности систем контроля уровня бодрствования человека-оператора с учетом вероятностной природы возникновения ошибок при засыпании // Журнал высшей нервной деятельности. – 2013. – Т. 63, № 1. – С. 24–32.
2. Fatigue detection in commercial flight operations: Results using physiological measures / L.C. Thomas, C. Gast, R. Grube, K. Craig // *Procedia Manufacturing*. – 2015. – №. 3. – P. 2357–2364.
3. Fatigue in fly-in, fly-out operations. Guidance document for the oil and gas industry // IOGP Report 536. – IPIECA-IOGP, 2015. – 44 p.
4. Performance indicators for fatigue risk management systems // IOGP Report 488. – IPIECA-IOGP, 2012. – 24 p.
5. Руководство для регламентирующих органов: системы управления рисками, связанными с утомляемостью / Международная организация гражданской авиации. – М., 2013. – 250 с.
6. Дорохов В.Б. Сомнология и безопасность профессиональной деятельности // Журнал высшей нервной деятельности. – 2013. – Т. 63, № 1. – С. 33–47.
7. Фесенко М.А., Меркулова А.Г., Калинина С.А. Оценка развития усталости водителей // Материалы XXIII Съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова. – Воронеж: Изд-во «ИСТОКИ», 2017. – С. 1256–1257.
8. Boivin D.B., Boudreau P. Impacts of shift work on sleep and circadian rhythms // *Pathologie Biologie*. – 2014. – Vol. 62, № 5. – P. 292–301.
9. Daily sleep, weekly working hours, and risk of work-related injury: US National Health Interview Survey (2004–2008) / D.A. Lombardi, S. Folkard, J.L. Willetts, G.S. Smith // *Chronobiology International*. – 2010. – № 27. – P. 1013–1030.
10. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А. Актуальные проблемы профилактической хрономедицины. – М.: ВНИМИ, 1985. – 80 с.
11. Измеров Н.Ф., Матюхин В.В., Юшкова О.И. Стресс на работе // *Безопасность и медицина труда*. – 2001. – № 3. – С. 32–37.
12. Матюхин В.В., Юшкова О.И. Смена ночная и смена вечерняя // *Охрана труда и социальное страхование*. – 2001. – № 8. – С. 56–61.
13. Биоритмы и труд / К.М. Смирнов, А.О. Навакатилян, Г.М. Гамбашидзе [и др.]. – Л.: Наука, 1980. – 142 с.
14. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 208 с.
15. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. – М.: Наука, 1986. – 241 с.
16. Гамбашидзе Г.М. О возможности приспособления организма к сменным и ночным работам // *Гигиена труда и профзаболевания*. – 1965. – № 1. – С. 12–16.
17. Черникова Е.Ф. Влияние сменного характера труда на состояние здоровья работников // *Гигиена и санитария*. – 2015. – Т. 94, № 3. – С. 44–48.
18. Особенности формирования перенапряжения при высоких психоэмоциональных нагрузках и сменном режиме труда / О.И. Юшкова, Л.П. Кузьмина, А.С. Порошенко, А.В. Капустина // *Медицина труда и промышленная экология*. – 2008. – № 4. – С. 1–8.
19. Хронобиология и хрономедицина: руководство / под ред. Ф.И. Комарова. – М.: Медицина, 1989. – 400 с.
20. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на границе нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 294 с.
21. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство [Электронный ресурс]. – М., 2005. – 142 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 18.06.2017).
22. Точиллов К.С. Практикум по физиологии труда. – Л.: Наука, 1970. – 200 с.
23. Загрядский В.П., Сулимо-Самуйлло З.К. Методы исследования в физиологии труда. – Л.: Наука, 1976. – 88 с.
24. Превентивная кардиология / под ред. Г.И. Косицкого. – М.: Медицина, 1977. – 560 с.
25. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / под ред. Т.С. Виноградовой. – М.: Медицина, 1986. – 416 с.
26. Does the circadian clock drift when pilots fly multiple transpacific flights with 1-to 2-day layovers? / P.H. Gander, H.M. Mulrine, M.J. Berg, A.A.T. Smith, T.L. Signal, J. Mangie // *Chronobiology international*. – 2016. – Vol. 33, № 8. – P. 982–994.
27. Effects of sleep/wake history and circadian phase on proposed pilot fatigue safety performance indicators / P.H. Gander, H.M. Mulrine, M.J. Berg, A.A.T. Smith, T.L. Signal, L.J. Wu, G. Belenky // *Journal of sleep research*. – 2014. – Vol. 24, № 1. – P. 110–119.
28. Гандер П.Х., Роузкайнд М.Р., Грегори К.Б. Утомляемость членов летного экипажа. Часть VI. Комплексный обзор // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 1998. – Т. 69, № 9. – С. В49–В60.

*Оценка риска утомления у работников нервно-эмоционального труда / И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова, М.А. Фесенко, А.Г. Меркулова // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 66–77. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.08*

## FATIGUE RISK ASSESSMENT FOR WORKERS WITH NEURO-EMOTIONAL LABOR

I.V. Bukhtiyarov<sup>1,2</sup>, O.I. Yushkova<sup>1</sup>, M.A. Fesenko<sup>1</sup>, A.G. Merkulova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Izmerov's Research Institute of Occupational Health, 31 Budennogo avenue, Moscow, 105275, Russian Federation

<sup>2</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8 Trubetskaya Str., build. 2, Moscow, 119991, Russian Federation

*The paper dwells on the results obtained during fatigue risk assessment as per subjective and objective parameters in civil aviation crew members.*

*Our research goal was to assess fatigue and overfatigue risks as per subjective and objective cardiovascular system parameters and central nervous system parameters in workers with morning and evening biorhythms under neuro-emotional workloads and shift work performed by planes crew members, air traffic controllers, and operators. Our examined workers were mostly people aged 35–45 with working period equal to 5–15 years.*

*Fatigue which occurred during flights was assessed subjectively by crew members questioning as per Epworth Sleep Scale, Karolinska Sleepiness Scale, and crew state control as per Samn-Perelli. Working efficiency was studied via PVT test (psychomotor vigilance test), sleep monitoring, and actigraphy. Circadian rhythms dynamics was examined as per changes in minimal body temperature which aircrew members had. We applied Ostberg's questionnaires to assess biorhythmologic activity type. Workers' functional reserves were assessed via stress testing. We calculated functional changes index to assess functional abilities of the circulatory system and adaptation state during a working shift in workers with various biorhythmologic types.*

*The paper outlines the examination results for physiological reactions appearing in the cardiovascular system and central nervous system of workers with morning and evening biorhythms. We revealed that functional state peculiarities in operators when they performed their work tasks in a shift regime were closely connected with their biorhythmologic activity type. "Early risers" had more adverse physiological reactions during their work activities. We developed ways to lower risks related to fatigue and overfatigue caused by shift work. It was shown that regulatory mechanisms stress occurring in the circulatory system, lower labor motivation, and poorer health in people with the morning biorhythmologic type made it necessary to correct the body functional state during shift work, especially when labor was very intense.*

**Key words:** neuro-emotional labor, shift work, physiological reaction, fatigue risk, biorhythmologic activity type, regulatory mechanism.

### References

1. Dementienko V.V., Dorokhov V.B. Otsenka effektivnosti sistem kontrolya urovnya bodrstvovaniya cheloveka-operatora s uchetom veroyatnostnoi prirody vozniknoveniya oshibok pri zasypanii [Assessment of the effectiveness of the wake-up system of the human operator, taking into account the probabilistic nature of the occurrence of errors when falling asleep]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2013, vol. 63, no. 1, pp. 24–32 (in Russian).
2. Thomas L.C., Gast C., Grube R., Craig K. Fatigue detection in commercial flight operations: Results using physiological measures. *Procedia Manufacturing*, 2015, no.3, pp. 2357–2364.
3. Fatigue in fly-in, fly-out operations. Guidance document for the oil and gas industry. IOGP Report 536. IPIECA-IOGP, 2015, 44 p.
4. Performance indicators for fatigue risk management systems. IOGP Report 488. IPIECA-IOGP, 2012, 24 p.
5. Rukovodstvo dlya reglamentiruyushchikh organov: sistemy upravleniya riskami, svyazannymi s utomlyaemost'yu [Guide for regulatory bodies: systems aimed at managing fatigue-related risks]. International Civil Aviation Organization, 2013, 250 p. (in Russian).
6. Dorokhov V.B. Somnologiya i bezopasnost' professional'noi deyatel'nosti [A psychomotor test for assessment of visuomotor coordination during performance of a monotonous target-tracking activity]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2013, vol. 63, no. 1, pp. 33–47 (in Russian).

© Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Fesenko M.A., Merkulova A.G., 2018

**Igor V. Bukhtiyarov** – Corresponding Member of the Russian Academy of Science, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director; head of the Department of Occupational, Aviation, Space, and Diving Medicine (e-mail: ivbukhtiyarov@mail.ru; tel.: +7 (495) 365-02-09).

**Olga I. Yushkova** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher at Occupational Physiology and Ergonomics Laboratory (e-mail: doktorolga@inbox.ru; tel.: +7 (495) 366-44-55).

**Marina A. Fesenko** – Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Workers' Reproductive Health Disorders Prevention (e-mail: marnast@mail.ru; tel.: +7 (495) 365-29-81).

**Anastasia G. Merkulova** – Candidate of Biological Sciences, researcher at Occupational Physiology and Ergonomics Laboratory (e-mail: anastasia.merkulova@gmail.com; tel.: +7 (495) 365-09-63).

7. Fesenko M.A., Merkulova A.G., Kalinina S.A. Otsenka razvitiya ustalosti voditelei [Assessment of the development of fatigue in drivers]. *Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova* [Materials of the XXIII congress by I.I. Pavlov's Physiological Society]. Voronezh, ISTOKI Publ., 2017, pp. 1256–1257 (in Russian).
8. Boivin D.B., Boudreau P. Impacts of shift work on sleep and circadian rhythms. *Pathologie Biologie*, 2014, vol. 62, no. 5, pp. 292–301.
9. Lombardi D.A., Folkard S., Willetts J.L., Smith G.S. Daily sleep, weekly working hours, and risk of work-related injury: US National Health Interview Survey (2004–2008). *Chronobiology International*, 2010, no. 27, pp. 1013–1030.
10. Doskin V.A., Lavrent'eva N.A. Aktual'nye problemy profilakticheskoi khronomeditsiny [Vital issues of preventive chronomedicine]. Moscow, VNIMI Publ., 1985, 80 p. (in Russian).
11. Izmerov N.F., Matyukhin V.V., Yushkova O.I. Stress narabote [Stress at work]. *Bezopasnost' imeditsinatruda*, 2001, no. 3, pp. 32–37 (in Russian).
12. Matyukhin V.V., Yushkova O.I. Smena nochnaya i smena vechernyaya [A night shift and an evening shift]. *Okhrana truda i sotsial'noe strakhovanie*, 2001, no. 8, pp. 56–61 (in Russian).
13. Smirnov K.M., Navakatikyan A.O., Gambashidze G.M. [et al.]. Bioritmy i trud [Biorhythms and labor]. Leningrad, Nauka Publ., 1980, 142 p. (in Russian).
14. Agadzhanian N.A., Shabatura N.N. Bioritmy, sport, zdorov'e [Biorhythms, sport, health]. Moscow, Fizkultura i sport Publ., 1989, 208 p. (in Russian).
15. Stepanova S.I. Bioritmologicheskie aspekty problemy adaptatsii [Biorhythmological aspects of the adaptation problem]. Moscow, Nauka Publ., 1986, 241 p. (in Russian).
16. Gambashidze G.M. O vozmozhnosti prispobleniya organizma k smennym i nochnym rabotam [On the Possibility of Adaptation of the Organism to Shift and Night Work]. *Gigiya truda i profzabolevaniya*, 1965, no. 1, pp. 12–16 (in Russian).
17. Chernikova E. F. Vliyanie smennogo kharaktera truda na sostoyanie zdorov'ya rabotnikov [Effect of shifts work on a rotational basis change in the nature of work on the health of workers]. *Gigiya i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 44–48 (in Russian).
18. Yushkova O.I., Kuz'mina L.P., Poroshenko A.S., Kapustina A.V. Osobennosti formirovaniya perenapryazheniya pri vysokikh psikhoemotsional'nykh nagruzkakh i smennom rezhime truda [Features of overexertion formation due to high psychoemotional strain and shift work]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2008, no. 4, pp. 1–8 (in Russian).
19. Khronobiologiya i khronomeditsina: rukovodstvo [Chronobiology and chronomedicine: guide]. In: F.I. Komarov, ed. Moscow, Meditsina Publ., 1989, 400 p. (in Russian).
20. Baevskii R.M. Prognozirovaniye sostoyanii na granitse normy i patologii [Prediction of states at the border of norm and pathology]. Moscow, Meditsina Publ., 1979, 294 p. (in Russian).
21. R 2.2.2006-05. Rukovodstvo po gigienicheskoi otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda: rukovodstvo [Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions]. Moscow, 2005, 142 p. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (18.06.2017) (in Russian).
22. Tochilov K.S. Praktikum po fiziologii truda [Manual on the physiology of labor]. Leningrad, Nauka Publ., 1970, 200 p. (in Russian).
23. Zagryadskii V.P., Sulimo-Samuillo Z.K. Metody issledovaniya v fiziologii truda [Methods of research in the physiology of labor]. Leningrad, Nauka Publ., 1976, 88 p. (in Russian).
24. Preventivnaya kardiologiya [Preventive cardiology]. In: G.I. Kositskii ed. Moscow, Meditsina Publ., 1977, 560 p. (in Russian).
25. Instrumental'nye metody issledovaniya serdechno-sosudistoi sistemy [Instrumental methods of the cardiovascular system studying]. In: T.S. Vinogradova ed. Moscow, Meditsina Publ., 1986, 416 p. (in Russian).
26. Gander P.H., Mulrine H.M., Berg M.J., Smith A.A.T., Signal T.L., Mangie J. Does the circadian clock drift when pilots fly multiple transpacific flights with 1-to 2-day layovers? *Chronobiology international*, 2016, vol. 33, no. 8, pp. 982–994.
27. Gander P.H., Mulrine H.M., Berg M.J., Smith A.A.T., Signal T.L., Wu L.J., Belenky G. Effects of sleep/wake history and circadian phase on proposed pilot fatigue safety performance indicators. *Journal of sleep research*, 2014, vol. 24, no. 1, pp. 110–119.
28. Gander P.Kh., Rouzkaind M.R., Gregori K.B. Utomlyaemost' chlenov letnogo ekipazha. Chast' VI: kompleksnyi obzor [Fatigue of flight crew members. Part VI: a holistic review]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 1998, vol. 69, no. 9, pp. V49–V60 (in Russian).

*Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Fesenko M.A., Merkulova A.G. Fatigue risk assessment for workers with neuroemotional labor. Health Risk Analysis, 2018, no. 1, pp. 66–77. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.08.eng*

Получена: 12.01.2018

Принята: 16.03.2018

Опубликована: 30.03.2018