



УДК 616-006.6-057(470+571)

А.П. Ильницкий, А.Г. Солёнова

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РАКА В РОССИИ

ФГБУ «РОНЦ им. Н.Н. Блохина», Каширское ш., 24, Москва, Россия, 115478

Приведены данные о профессиональной онкологической заболеваемости в России по федеральным округам и регионам. За 2002–2014 гг. было зарегистрировано 497 случаев профессионального рака, что составляет менее 0,3% минимально ожидаемого количества случаев. Указывается на необходимость безотлагательного совершенствования нормативно-правовой и методической базы, а также информационного обеспечения, гарантирующего качественный учет профессиональной онкозаболеваемости. Важную роль в решении этой проблемы может играть продолжение санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных организаций в РФ и создание Федерального регистра лиц, имеющих/имевших производственный контакт с канцерогенными факторами в виде государственной автоматизированной информационной системы.

Ключевые слова: канцерогеноопасные производства, профессиональный рак, медико-социальная защита, санитарно-гигиеническая паспортизация, информационное обеспечение.

A.P. Il'nikskiy, L.G. Solenova. **Topical problems of occupational cancer in Russia**

FSBSI «N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center», Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 24, Kashirskoye shosse, Moscow, Russia, 115478

The authors present data on occupational oncologic morbidity in Russia by federal districts and regions. Over 2002–2014, a total of 497 cases of occupational cancer was registered, that is less than 0,3% of minimal expected number of cases. Necessity is to urgent improvement of legislation and methodic basis, informational supply, providing qualitative account of occupational oncologic morbidity. Important role in solving this problem could be played by continued sanitary and hygienic certification of carcinogenically dangerous institutions in RF and creation of Federal register (governmental automated information system) of individuals who had (has) occupational exposure to carcinogenic factors.

Key words: carcinogenically dangerous productions, occupational cancer, medical and social protection, sanitary hygienic certification, informational supply.

В России ежегодно регистрируется свыше полу-миллиона новых случаев злокачественных новооб-разований (ЗН). По разным оценкам доля ЗН, обу-словленных действием производственных факторов, составляет 5–20% от онкологической заболеваемости всего населения. Наиболее распространенная оценоч-ная величина профессионального рака в формиро-вании смертности от ЗН, принятая в странах Западной Европы и США, составляет 4–5%. Хотя оценки суще-

ственно разнятся, но безусловным остается понимание того, что они являются необходимым элементом в про-филактике профессионального рака.

Практика показала, что количество случаев про-фессионального рака, реально регистрируемых, да-леко от расчетных данных. Существуют объективные факторы, затрудняющие такой учет. Это, в частности, длительный латентный период — для профессиона-льного рака он составляет 10–20 и более лет, а также не-

достаточная информированность врачей, включая онкологов, в вопросах профессионального рака. В связи с этим даже минимальные оценки количества возможных профессиональных онкозаболеваний (на уровне 4–5%) не сопоставимы с числом реально регистрируемых случаев профессионального рака.

По данным В.Б. Смулевича, впервые поднявшего вопрос о чрезвычайно низкой выявляемости профессионального рака в нашей стране, за 24 года (1963–1986 гг.) в СССР было зарегистрировано всего 160 случаев профессиональных ЗН [9]. За последующий 21 год (1987–2007 гг.) в России зарегистрировано 686 случаев профессионального рака [3], что в 4,7 раза больше, чем за предшествующие 24 года во всем СССР.

Мониторинг профессиональной онкозаболеваемости свидетельствует о том, что в стране ежегодно регистрируется, в среднем, около 35 случаев профессионального рака. Учитывая показатели онкологической смертности населения России, например, в 2013 г., и традиционно принимаемую долю профессионального рака в 4% от численности умерших от ЗН, число его случаев в этот год должно было бы составить около 11550. Однако в 2013 г. было зарегистрировано только 36 случаев профессионального рака. Доля регистрируемого в России профессионального рака составляет менее 0,3% минимально ожидаемого количества случаев.

Вместе с тем, если учитывать условия труда, в которых приходится работать значительной части российских работников (особенно на микро-, малых и средних предприятиях с негосударственной формой собственности), то онкологическая профессиональная заболеваемость должна быть, как минимум, не меньше, чем в других странах (табл. 1), а реально — значительно выше. Материалы государственных докладов «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации» за многие годы (в частности, за 2004–2013 гг.) свидетельствуют о запредельном износе машин и оборудования (на многих предприятиях он достигает 70% и даже 90%), использовании устаревших технологий, отсутствии во многих случаях производственного контроля состояния условий труда, нарушениях требований Трудового Кодекса (массовое сокращение служб охраны труда на предприятиях, нехватка средств индивидуальной защиты и т. д.).

Половина всех случаев профессионального рака, выявленных в России в эти годы (51%) была зарегистрирована в Свердловской и Челябинской областях — зоне, в которой активную работу по выявлению профессионального рака ведет ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (далее — Екатеринбургский научный центр). В большинстве других промышленных регионов страны регистрируются лишь единичные случаи профессионального рака, а во многих субъектах Российской Федерации он вообще не регистрируется на протяжении десятилетий, и таких более половины (табл. 2).

Таблица 1

Количество случаев профессионального рака, ежегодно регистрировавшихся в некоторых странах

Страна	Среднее число случаев профессионального рака, зарегистрированных ежегодно	Годы	Источник
Франция	1779*	2008–2012	[13]
Канада	395*	2006–2009	[12]
Польша	104*	1998–2011	[14]
СССР	6–7*	1963–1986	[9]
Россия	33 40	1987–2007 2004–2009	[3] [11]

* — рассчитано на основании приведенных авторами данных за указанные годы.

Из анализа индивидуальных карт учета профессионального заболевания следует, что 53% случаев профессионального рака были выявлены в ходе профилактических медицинских осмотров (ПМО), 47% — при обращении в медицинские учреждения. Необходимо учитывать, что при ПМО обследованию подвергаются практически здоровые люди. Выявление и регистрация профессиональных ЗН во многом зависит от компетентности врачей в области онкологической профпатологии. Анализ профессиональной занятости 2680 инвалидов — онкологических больных — москвичей выявил различия в нозологической структуре и тяжести инвалидности между группами, занятыми в различных видах экономической деятельности, между рабочими и служащими. Экспертная оценка профессионального маршрута инвалидов — онкологических больных — показала, что доля тех, чье заболевание предположительно могло быть связано с действием профессиональных факторов и которые должны были пройти специализированную профпатологическую экспертизу, составляет 3,2%. Это означает, что в масштабах Москвы, где ежегодно оформляется инвалидность на более 10000 онкологических больных, на нее должны были быть направлены не менее 300 больных. Установление даже у трети из них профессионального генеза ЗН составило бы 100 и более случаев профессионального рака ежегодно [10]. В действительности же, в течение 13 лет (2002–2014 гг.) в Москве было зарегистрировано всего 5 случаев профессионального рака.

Действующий Приказ Минздравсоцразвития России от 27.04.2012 г. № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний» не предоставляет врачам амбулаторно-поликлинического звена и онкологам необходимой информации в перечне заболеваний, связанных с их воздействием, указываются только последствия острых и хронических интоксикаций, но нет указания на то, что они могут вызывать ЗН. Одновременно с этим двум факторам — УФ-излучению и ионизирующему излучению — приписывается возникновение всего спектра ЗН (C00–C96 по МКБ–10), что не соответствует действительности.

Таблица 2

Число случаев профессионального рака, зарегистрированных в субъектах РФ в течение 2002–2014 гг.

Субъект РФ	Число случаев	Доля, %, общего числа
Центральный федеральный округ		
Владимирская обл.	2	0,4
Тульская обл.	1	0,2
Москва и Московская обл.	9	1,8
Липецкая обл.	2	0,4
Северо-Западный федеральный округ		
Вологодская обл.	3	0,6
Республика Коми	9	1,8
Мурманская обл.	22	4,4
Город Санкт-Петербург	3	0,6
Южный федеральный округ		
Волгоградская обл.	2	0,4
Республика Калмыкия	2	0,4
Краснодарский край	3	0,6
Приволжский федеральный округ		
Пензенская обл.	1	0,2
Чувашская Республика	3	0,6
Кировская обл.	4	0,8
Нижегородская обл.	1	0,2
Самарская обл.	5	1,0
Республика Башкортостан	6	1,2
Удмуртская республика	2	0,4
Оренбургская обл.	9	1,8
Ульяновская обл.	1	0,2
Уральский федеральный округ		
Курганская обл.	1	0,2
Ханты-Мансийский АО	1	0,2
Свердловская обл.	196	40,0
Челябинская обл.	53	11,0
Тюменская обл.	2	0,4
Сибирский федеральный округ		
Алтайский край	29	5,8
Омская обл.	2	0,4
Кемеровская обл.	11	2,2
Новосибирская обл.	9	1,8
Республика Хакасия	1	0,2
Красноярский край	75	15,0
Иркутская обл.	6	1,2
Читинская обл.	1	0,2
Дальневосточный федеральный округ		
Чукотский АО	1	0,2
Приморский край	15	3,0
Дальневосточный район на транспорте	1	0,2
Итого	497	100,0

сти. По существу, у врача нет нормативного документа, обеспечивающего его необходимой информацией по профессиональным ЗН.

Термин «профессиональное заболевание», в том числе профессиональное ЗН, является не только и не

столько медицинским термином, сколько юридическим, т. к. влечет за собой определенные компенсационные выплаты. Класс профессионального риска определяется исходя из величины интегрального показателя профессионального риска, учитывающего уровень производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и расходов на обеспечение по страхованию, сложившийся по видам экономической деятельности страхователей. С одной стороны, эта система не учитывает канцерогенный риск, а, с другой — побуждает работодателя скрывать случаи профессиональных заболеваний. Таким образом, менее 40 случаев профессионального рака, регистрируемых в год во всей стране, свидетельствуют о том, что тысячи онкологических больных, чье заболевание может быть обусловлено действием производственных факторов, лишены положенной им компенсации за утрату здоровья и ущемлены в праве на социальную защищенность.

Необходимость учета промышленных предприятий — источников загрязнения производственной и окружающей среды канцерогенными веществами — осознавалась специалистами давно. Начиная с первого в нашей стране нормативно-правового документа в области первичной профилактики рака [7], каждый последующий гигиенический норматив (ГН 1.1.029–95 [1] и ГН 1.1.725–98 [2], СанПиН 1.2.2353–08 [8]) содержал требование проведения санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных организаций (предприятий)¹. На практике это требование было реализовано лишь в 1998 г. после введения в действие методических указаний по проведению санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных предприятий (далее — паспортизация) [5]. В настоящее время работа ведется в соответствии с методическими указаниями, утвержденными в 2009 г., которые в значительной степени отличаются от предыдущего документа [6].

Стратегической целью паспортизации канцерогеноопасных производств является снижение онкологической заболеваемости путем уменьшения уровня риска, обусловленного действием производственных канцерогенных факторов. При этом учитывалось, что «защита (работников — авторы) от вредного воздействия химических веществ усиливает также защиту всего населения и окружающей среды» (Конвенция МОТ №170) [4].

Несмотря на реальные сложности проведения паспортизации, эта работа продолжается, прежде всего, в промышленных регионах страны. Некоторые результаты представлены в табл. 3. Уже этот выборочный анализ (представлены данные по 1/12 части 85 регионов страны) свидетельствует о масштабе проблемы: речь идет о тысячах канцерогеноопасных организаций

¹ Санитарно-гигиеническая паспортизация канцерогеноопасных организаций – система санитарно-эпидемиологических (профилактических) мероприятий по выявлению и учету организаций и их структурных подразделений (цехов, участков, рабочих мест и т.д.), а также технологических процессов, где работники могут подвергаться воздействию канцерогенных факторов [6].

(предприятий) и сотнях тысяч лиц, контактирующих с канцерогенами на рабочем месте². В задачи паспортизации входит не только учет канцерогеноопасных организаций, но также устранение выявленных нарушений, оценка канцерогенной опасности, связанной с воздействием производственных канцерогенов, и ряд других практических моментов, направленных на профилактику профессионального рака. Паспортизация может явиться важным, в ряде случаев главным элементом региональной программы профилактики рака.

Таблица 3

Результаты санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных организаций в некоторых промышленных регионах России в 2010–2013 гг. *)

Регион	Число канцерогеноопасных организаций	Число работников, имеющих контакт с канцерогенными факторами
Кемеровская область	168	59034
Пермский край	210	12785
Рязанская область	282	12943
Самарская область	97	7886
г. Санкт-Петербург	73	4016
Удмуртская республика	55	6930
Челябинская область	79	8409
Итого:	964	112003

*) По материалам, представленным в группу профилактики канцерогенных воздействий НИИ канцерогенеза РОНЦ им. Н.Н. Блохина.

Одновременно с организацией паспортизации канцерогеноопасных производств в качестве ее необходимого элемента группой экспертов Комиссии по канцерогенным факторам при Роспотребнадзоре был подготовлен проект Федерального регистра лиц, имеющих/имевших производственный контакт с канцерогенами. С учетом реальной ситуации с выявлением и регистрацией случаев профессионального рака в нашей стране, а также необходимостью медико-социальной защиты работников, имеющих/имевших производственный контакт с канцерогенами были определены следующие задачи регистра:

- выделение групп повышенного онкологического риска по признаку занятости на канцерогеноопасном предприятии (организации) и оценка их численности;
- информационное обеспечение мониторинга здоровья лиц, имеющих / имевших производственный контакт с канцерогенами с целью профилактики и раннего выявления онкологических заболеваний и предшествующих им состояний;
- совершенствование учета лиц со злокачественными новообразованиями, имевших производственный контакт с канцерогенными факторами;

2 Анализ хода реализации этого масштабного профилактического проекта нуждается в специальном обсуждении с участием всех заинтересованных сторон.

— совершенствование медико-социальной защиты лиц, имеющих/имевших производственный контакт с канцерогенными факторами;

— создание информационной базы для анализа профессиональной онкологической заболеваемости и проведения эпидемиологических исследований с целью углубленного изучения профессионального рака и совершенствования мер первичной и вторичной профилактики;

— оценка масштабов потенциальной канцерогенной опасности при планировании и проведении работ по профилактике профессиональной онкозаболеваемости;

— информационное обеспечение для разработки профилактических программ и принятия управленческих решений.

Создание регистра лиц, имеющих/имевших производственный контакт с канцерогенными факторами, является именно таким случаем, и к идее его создания целесообразно вернуться.

Анализ материалов паспортизации, онкологической профзаболеваемости и медико-социальной экспертизы инвалидов — онкологических больных показал, что одной из важных причин недостатков при проведении этих мероприятий является плохая информированность специалистов, осуществляющих их. Реальным средством улучшения ситуации является наличие информационного ресурса, предназначенного для широкого круга специалистов. Группой профилактики канцерогенных воздействий НИИ канцерогенеза РОНЦ им. Блохина был создан и поддерживается в Интернете сайт «Первичная профилактика рака» ([www//ppr-info.ru](http://ppr-info.ru)), где размещается информация по широкому кругу вопросов, имеющих отношение к проблеме профессионального рака. В рамках Федеральной целевой программы (2005–2009 гг.) издавался информационный бюллетень под тем же названием с рассылкой его по управлениям Роспотребнадзора в субъектах Российской Федерации, онкодиспансерам, центрам медицинской профилактики и библиотекам. В рамках этого направления разработаны методические рекомендации «Модель региональной программы первичной профилактики рака» (МР 2.2.9.0012–10), включающие материалы по профилактике профессионального рака, а также подготовлены некоторые другие документы. Этого, однако, недостаточно, необходима организация систематической информационной поддержки комплекса профилактических работ.

Рассмотренные в статье стороны проблемы профессионального рака позволяют сделать следующие **выводы**:

1. В стране сложилась и прослеживается на протяжении десятилетий критическая ситуация с выявлением и регистрацией случаев профессионального рака, требующая безотлагательного совершенствования нормативно-правовой и методической базы, а также информационного обеспечения, гарантирующих качественный учет профессиональной онкозаболеваемости.

2. Важную роль в решении этой проблемы может играть санитарно-гигиеническая паспортизация канцерогеноопасных организаций, проводимая в стране, при условии ее совершенствования.

3. Необходима организация информационного обеспечения медицинских работников, участвующих в санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных организаций, выявлении и регистрации случаев профессионального рака, а также в медико-социальной экспертизе онкологических больных, путем подготовки специальных информационно-методических материалов.

4. Целесообразно создание федерального регистра лиц, имеющих/имевших производственный контакт с канцерогенными факторами, в виде государственной автоматизированной информационной системы с целью:

— формирования онкологической настороженности у врачей первичного звена при проведении ПМО и оценке профессионального маршрута обследуемых лиц;

— усовершенствования и расширения информационной обеспеченности врачей медико-социальной экспертизы;

— проведения необходимых профилактических мероприятий в группах повышенного онкологического риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 12–14)

1. Гигиенические нормативы. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов и бытовых факторов, канцерогенных для человека. ГН 1.1029–95. Госсанэпиднадзор России, 1995.

2. Гигиенические нормативы. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. ГН 1.1725–98. Минздрав России, 1998.

3. Ильницкий А.П., Степанов С.А., Пилишенко В.А. // Инф. бюл. Первичная профилактика рака. — 2008. — Вып. 1,2. — С. 17–21.

4. Конвенция МОТ № 170. О безопасности при пользовании химических веществ на производстве. 1990. Рекомендации МОТ от 25.6.1990 №177. Рекомендации при использовании химических веществ на производстве.

5. Методические указания. Организация и проведение санитарно-гигиенической паспортизации канцерогеноопасных производств. МУ 1.1.688–98.

6. Методические указания. Санитарно-гигиеническая паспортизация канцерогеноопасных организаций и формирование банков данных. МУ 2.2.9.2493–09.

7. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов и бытовых факторов, канцерогенных для человека» МЗ СССР № 6054–91 от 19 ноября 1991 г.

8. Санитарные правила и нормативы. Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности. СанПиН 1.2.2353–08.

9. Смелевич В.Б. // Вопр. онколог. — 1990. — Т. 36. №4. — С. 497–500.

10. Смелевич В.Б., Соленова Л.Г., Михайловский Н.Я. // Мед. труда и пром. экология. — 2009. — № 8. — С. 5–10.

11. Соленова Л.Г. // Онкология. Ж-л им. П.А. Герцена. — 2012. — №1. — С. 83–86.

REFERENCES

1. Hygienic norms. List of substances, products, occupational processes and household factors carcinogenic form humans. GN 1.1029–95. Gossanepidnadzor Rossii. 1995 (in Russian).

2. Hygienic norms. List of substances, products, occupational processes and household factors carcinogenic form humans. GN 1.1725–98. Minzdrav Rossii. 1998 (in Russian).

3. Il'itskiy A.P., Stepanov S.A., Pilishenko V.A. // Inf. byull. Pervichnaya profilaktika raka. — 2008. — issues 1, 2. — P. 17–21 (in Russian).

4. Convention of WLO № 170. On safety in occupational application of chemicals. 1990. WLO recommendations on 25/06/1990 N 177. Recommendations on chemicals application in industry (in Russian).

5. Methodic recommendations. Organization and procedure of sanitary hygienic certification of carcinogenically dangerous industries. MU 1.1.688–98 (in Russian).

6. Methodic recommendations. Sanitary hygienic certification of carcinogenically dangerous organization and database formation. MU 2.2.9.2493–09 (in Russian).

7. List of chemicals, products, occupational processes and household factors carcinogenic for humans. MZ SSSR N 6054–91 on 19/11/1991 (in Russian).

8. Sanitary rules and regulations. Carcinogenic factors and main requirements for preventing carcinogenic danger. SanPiN 1.2.2353–08 (in Russian).

9. Smulevich V.B. Vopr. onkolog, 1990; vol 3; 4: 497–500 (in Russian).

10. Smulevich V.B., Solenova L.G., Mikhaylovskiy N.Ya. // Industr. med. — 2009. — 8. — P. 5–10 (in Russian).

11. Solenova L.G. // Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena. — 2012. — 1. — P. 83–86 (in Russian).

12. Del Bianco A., Demers P.A. // Can Med Assoc J Open. — 2013.1(3). — E91–E96.

13. Eurogip–90/E. Statistical review of occupational injuries. France, 2012 data. 2013. P. 22.

14. Szeszenia-Dabrowska N., Wilczynska U. // Int J Occup. Med. Environ. Health. — 2013. — Vol. 26(3). — P. 457–470.

Поступила 23.12.2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ильницкий Андрей Павлович (Il'itskiy A.P.),
рук. гр. проф. канцерогенных воздействий ФГБУ «РОНЦ им. Н.Н. Блохина» МЗ РФ. НИИ канцерогенеза, отдел хими канцерогенеза, д-р мед. наук, проф. E-mail: centervpr@mail.ru.

Соленова Лия Геннадьевна (Solenova L.G.),
вед. науч. сотр. ФГБУ «РОНЦ им. Н.Н. Блохина» МЗ РФ, НИИ канцерогенеза, отдел хим. канцерогенеза, д-р биол. наук. E-mail: lsolenova@mail.ru.

И.В. Бухтияров^{1,2}, И.В. Иванов^{1,2}, В.Н. Семенцов^{2,3}**ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВРАЧЕЙ ПО ВОДОЛАЗНОЙ МЕДИЦИНЕ**¹ ФГБНУ «НИИ медицины труда», пр-т Буденного, д. 31, г. Москва, Россия, 105275² ГБОУ ВПО Первый МГМУ им.И.М. Сеченова Минздрава РФ, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Москва, Россия; 119991³ ФМБА России, ш. Волоколамское, д. 30, Москва, Россия, 123182.

Выполнены анализ и систематизация основных направлений интернет-ресурсов, используемых при подготовке кадров высшей квалификации в системе высшего медицинского образования, предназначенных для обеспечения компетентностного подхода и успешности обучения врачей по специальности 31.08.27 Водолазная медицина.

Ключевые слова: *труд водолазов, водолазная медицина, кадры высшей квалификации, ординатура, успешность обучения, универсальные компетенции, профессиональные компетенции, интернет-ресурсы.*

I.V. Bukhtiyarov, I.V. Ivanov, V.N. Sementsov. **Educational internet resources for doctors' training in diving medicine**

¹ I Research Institute of Occupational Health, 31, Budenogo Pr-t, Moscow, Russia, 105275² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8–2, Trubetskaya Str., Moscow, Russia, 119991³ FMBA Russia, 30, Volokolamskoye shosse (highway), Moscow, Russia, 123182

The article covers analysis and systematization of major internet resources used to train high qualified professionals with higher medical education for competent and successful education of doctors in speciality 31.08.27 Diving medicine.

Key words: *divers work, diving medicine, high qualified professionals, residency, successful training, universal capacity, occupational capacity, internet resources.*

В последние годы повышается значение медико-санитарного обеспечения водолазного труда ввиду увеличения объема работ на морском шельфе, прокладки трубопроводов, участия водолазов при спасательных работах и ликвидации чрезвычайных ситуаций, строительных работ на акваториях. Одновременно возрастает актуальность совершенствования подготовки медицинских кадров, сопровождающих подводные погружения и обеспечивающих медицинские вопросы безопасности и снижения рисков труда водолазов. Приказом Минобрнауки России от 25.08.2014 г. № 1069 (зарегистрировано в Минюсте России 31.10.2014 г. № 34546) утвержден федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего образования по специальности 31.08.27 Водолазная медицина (уровень подготовки кадров высшей квалификации — ординатура). В соответствии с этим стандартом выпускники, осваивающие программу ординатуры, готовятся к следующим видам профессиональной деятельности: профилактическая; диагностическая; лечебная; реабилитационная; психолого-педагогическая; организационно-управленческая.

Быстро прогрессирующее увеличение объема необходимых знаний и важность ознакомления обучающихся с современными представлениями по различным аспектам труда водолазов и водолазной медицины повышают актуальность обращения в образовательном процессе к интернет-ресурсам в этой области. Это связано, с одной стороны, с изданиями небольшими тиражами руководств, учебников и учебных

пособий, методических рекомендаций [1–18], часть из которых [5,7,14,16–18] после 1999 г. не переиздавались, что не позволяет своевременно и в полном объеме отражать увеличение объема требуемых для успешной деятельности профессиональных знаний. С другой стороны, в соответствии с требованиями Федеральных государственных общеобразовательных стандартов и учебных программ в педагогическом процессе необходимо использовать новые технологии информационного поиска и наглядных дистанционных методов освоения и совершенствования навыков диагностики, оказания медицинской помощи, а также выполнения функциональных обязанностей врача в других областях водолазной медицины.

Цель работы — анализ и систематизация интернет-ресурсов, используемых в системе высшего медицинского образования при подготовке и переподготовке врачей по специальности водолазная медицина.

При формировании опорной системы интернет-ресурсов исходили из требований ФГОС по формированию у выпускника универсальных и профессиональных компетенций в результате освоения одной из программ подготовки кадров высшей квалификации по специальности 31.08.27 Водолазная медицина — Программы ординатуры по водолазной медицине (табл. 1). Освоение данных компетенций происходит в процессе преподавания дисциплин базовой и вариативной частей учебного плана по специальности 31.08.27 Водолазная медицина (табл. 2).

Таблица 1

Требования к компетенциям выпускника при освоении Программы ординатуры по специальности 31.08.27 Водолазная медицина

Вид компетенции	Шифр компетенции	Содержание компетенции
Универсальные компетенции	УК–1	Готовность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
	УК–2	Готовность к управлению коллективом, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	УК–3	Готовность к участию в педагогической деятельности по программам среднего и, высшего медицинского образования или среднего и высшего фармацевтического образования, а также по дополнительным профессиональным программам для лиц, имеющих среднее профессиональное или высшее образование, в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере здравоохранения.
Профессиональные компетенции: — в профилактической деятельности	ПК–1	Готовность к осуществлению комплекса мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья лиц, связанных с водолазной деятельностью, включающих в себя формирование здорового образа жизни, предупреждение возникновения и (или) распространения заболеваний, их раннюю диагностику, выявление причин и условий их возникновения и развития, а также направленных на устранение вредного влияния на здоровье человека факторов среды его обитания
	ПК–2	Готовность к проведению профилактических медицинских осмотров, диспансеризации и осуществлению диспансерного наблюдения
	ПК–3	Готовность к проведению противоэпидемических мероприятий, организации защиты населения в очагах особо опасных инфекций, при ухудшении радиационной обстановки, стихийных бедствиях и иных чрезвычайных ситуациях
	ПК–4	Готовность к применению социально-гигиенических методик сбора и медико-статистического анализа информации о показателях здоровья
— в диагностической деятельности	ПК–5	Готовность к определению у пациентов патологических состояний, симптомов, синдромов заболеваний, нозологических форм заболеваний в соответствии с Международной статистической классификацией болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ–10)
— в лечебной деятельности	ПК–6	Готовность к ведению и лечению пациентов с заболеваниями, связанными с водолазной деятельностью
	ПК–7	Готовность к оказанию медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, в том числе участию в медицинской эвакуации
— в реабилитационной деятельности	ПК–8	Готовность к применению природных лечебных факторов, лекарственной, немедикаментозной терапии и других методов у пациентов, нуждающихся в медицинской реабилитации
— в психолого-педагогической деятельности	ПК–9	Готовность к формированию у населения, пациентов и членов их семей мотивации, направленной на сохранение и укрепление своего здоровья и здоровья окружающих
— в организационно-управленческой деятельности	ПК–10	Готовность к применению основных принципов организации и управления в сфере охраны здоровья граждан, в медицинских организациях и их структурных подразделениях
	ПК–11	Готовность к участию в оценке качества оказания медицинской помощи с использованием основных медико-статистических показателей
	ПК–12	Готовность к организации медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, в том числе медицинской эвакуации

Кроме профессиональной направленности, важными требованиями к веб-информации, используемой в процессе обучения являются:

- надежность сайтов;
- достоверность информации;
- актуальность (современность и обновляемость);
- привлекательный внешний вид.

При отборе интернет ресурсов для образовательного процесса исходят из принципов не только информативности, но и соответствия получаемой из них информации критериям морали, патриотичности, а также информационной гигиены и экологии.

Анализ интернет ресурсов, содержащих информацию, которая может использоваться в процессе обуче-

ния специальности — водолазная медицина, позволил выделить их основные виды и распределить по формируемым компетенциям (табл. 3):

- 1) информационно-образовательные порталы;
- 2) информационно-поисковые порталы;
- 3) информационные базы научных публикаций;
- 4) онлайн-библиотеки;

5) онлайн-энциклопедии, справочники, музеи, видеохостинги;

6) сайты отраслевых учреждений, научно-исследовательских организаций, ассоциаций и обществ;

7) сайты отраслевых ВУЗов и кафедр по специальности;

Таблица 2

Обеспечение формирования компетенций структурными элементами образовательной программы «Основная профессиональная образовательная программа высшего образования — программа ординатуры по специальности 31.08.27 Водолазная медицина»

Коды структурных элементов образовательной программы (разделов, ГИА)	Наименование структурных элементов образовательной программы (дисциплин, практик, ГИА)	Перечень компетенций (шифр)
1Б	Блок 1 Дисциплины (модули) Базовая часть	УК-1, УК-2, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12
1	Водолазная медицина	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-8
2	Общественное здоровье и здравоохранение	УК-1, УК-2, ПК-1, ПК-4, ПК-9, ПК-10, ПК-11
3	Педагогика	УК-1, УК-2, УК-3, ПК-9
4	Медицина чрезвычайных ситуаций	ПК-3, ПК-7, ПК-12
5	Патология	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-5
1В	Блок 1 Дисциплины (модули) Вариативная часть	УК-2, УК-3, ПК-1, ПК-4, ПК-6, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11
6	Оториноларингология	УК-2, УК-3, ПК-1, ПК-9
7	Функциональная диагностика в водолазной медицине	ПК-6, ПК-8
8	Методы статистического анализа в медицине	ПК-4, ПК-11
9	Телекоммуникационные технологии в здравоохранении	ПК-4, ПК-10
2Б	Блок 2 Практики Базовая часть	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11
10	Производственная практика по водолазной медицине	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11
11	Симуляционный курс «Сердечно-легочная реанимация»	ПК-6, ПК-7
12	Симуляционный курс «Исследование и оценка профессионального здоровья водолазов»	ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6
2В	Блок 2 Практики Вариативная часть	УК-2, УК-3, ПК-1, ПК-4, ПК-6, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11
13	Клиническая практика по водолазной медицине	УК-2, УК-3, ПК-1, ПК-9
14	Практика по функциональной диагностике в водолазной медицине	ПК-6, ПК-8
Коды структурных элементов образовательной программы (разделов, ГИА)	Наименование структурных элементов образовательной программы (дисциплин, практик, ГИА)	Перечень компетенций (указывается шифр)
15	Практика в применении методов статистического анализа в медицине	ПК-4, ПК-11
16	Практика в применении телекоммуникационных технологий в здравоохранении	ПК-4, ПК-10
3	Государственная итоговая аттестация (ГИА)	
17	Государственный экзамен	УК-1, УК-2, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12

Таблица 3
Основные интернет ресурсы для использования в системе высшего медицинского образования при подготовке кадров высшей квалификации по специальности «водолазная медицина»

Название ресурса	Адрес в интернете	Виды источников информации	Использование для формирования компетенций
1. Информационно-образовательные порталы			
Медицина РФ	http://medicinarf.ru	Документы по организации и методам оказания медицинской помощи водолазам	ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-8
Медицинский портал	http://medportal.ru		
Организация неотложной помощи водолазам (DAN, США)	http://www.diversalernetnetwork.org/		
Консультативный комитет по водолазной медицине (DMAC)	www.dmac-diving.org/		
2. Информационно-поисковые порталы			
Яндекс	http://yandex.ru	Справочно-поисковые запросы по тематике водолазной медицины	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-8
Майл	http://mail.ru		
Рамблер	http://rambler.ru		
Гугл	http://google.ru		
3. Информационные базы научных публикаций			
РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)	http://elibrary.ru/defaultx.asp	Статьи и научно-практические материалы по водолазной медицине	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8
PUBMED	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/advanced		
SCOPUS	http://www.scopus.com		
WEB OF SCIENCE	http://www.isiknowledge.com		
4. Онлайн-библиотеки			
РГБ (Российская государственная библиотека)	http://www.rsl.ru/ru	Библиографическая информация о руководствах, монографиях, учебниках и учебных пособиях по водолазной медицине	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8
ЦНМБ (Центральная научная медицинская библиотека)	http://www.scsml.rssi.ru		

Название ресурса	Адрес в интернете	Виды источников информации	Использование для формирования компетенций
ФГБУ Фундаментальная библиотека РАМН	http://www.fbramrn.ru	Библиографическая информация о руководах, монографиях, научно-методических материалах	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8
Федеральная электронная медицинская библиотека (ФЭМБ)	http://feml.scsml.rssi.ru/feml?945447		
5. Онлайн-энциклопедии, справочники, музеи, видеохостинги			
Википедия	https://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная_страница	Справочная информация по определениям и терминам	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8
Энциклопедия лекарств – РАС (Регистр лекарственных средств)	http://www.rlsnet.ru/	Описания лекарственных средств для лечения заболеваний, связанных с водолазной деятельностью	ПК-6, ПК-8
Справочник лекарственных средств «Видааль»	http://www.vidal.ru/		
Военно-морской музей	http://www.navalmuseum.ru	Наглядная видео-информация об особенностях труда и патологии у водолазов, методах их профессиональной подготовки, диагностики и лечению заболеваний у водолазов	ПК-6, ПК-8
Водолазная медицина он-лайн	http://www.scuba-doc.com/		
YouTube, Видеопрезентации и видеофильмы	http://www.youtube.com		
	- Водолазная медицина – особенности диагноза; http://www.youtube.com/watch?v=KiXZ24p2J90		
	Водолазные работы. Баротравма и декомпрессия http://www.youtube.com/watch?v=CA0VRJ64cWI Жизнь под водой: репортаж о водолазах МЧС http://www.youtube.com/watch?v=71Bvc0_RmPQ Документальный фильм «Красные водолазы» http://www.youtube.com/watch?v=Feaqv-JoHac Водолазная подготовка http://www.youtube.com/watch?v=pijABcBUDiY		
6. Сайты отраслевых учреждений, научно-исследовательских организаций, ассоциаций и обществ			
Институт водолазных технологий (США)	http://www.diversinstitute.com/	Научно-практические материалы по водолазной медицине	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-8
Национальное управление по океану и атмосфере (NOAA, США)	http://www.dive.noaa.gov/		
ГНЦ ИМБП РАН	http://www.imbp.ru		

Название ресурса	Адрес в интернете	Виды источников информации	Использование для формирования компетенций
ФГБНУ «НИИ медицины труда»	http://www.niimt.ru	Научно-практические материалы по водолазной медицине	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-8
Американская академия подводных наук (США)	http://www.aaus.org/		
Международная ассоциация морских работодателей	http://www.imca-int.com/		
Исполнительный комитет по безопасности и здравоохранению (HSE, Великобритания)	http://www.hse.gov.uk/	Регламентирующие и научно-практические материалы по аспектам организации труда водолазов и безопасности при выполнении водолазных работ, нормативные требования к лечебно-профилактической деятельности в области водолазной медицины, консультации для водолазных врачей	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8
Европейский комитет гипербарической медицины	http://www.echm.org		
Европейское подводное и баромедицинское общество	http://www.eubs.org/		
Британское гипербарическое общество	http://www.hyperbaric.org.uk/		
Общество подводной и гипербарической медицины (UHMS, США)	http://www.uhms.org/		
Южно-африканское общество по подводной и гипербарической медицине	http://www.sauhma.org/home.htm /	Медицинская информация и консультации для водолазных врачей	УК-1, УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8
7. Сайты отраслевых ВУЗов и кафедр по специальности			
Кафедра физиологии подводного плавания ВМедА им. С.М.Кирова	http://www.vmeda.org/kafedri_279.html	Информация об обучении врачей по программам ординатуры и профессиональной переподготовки по специальности «Водолазная медицина»	УК-3, ПК-1
Кафедра авиационной и космической медицины ПМГМУ им. И.М.Сеченова	http://www.mma.ru/education/faculties/mpf/cath/avia/		УК-3, ПК-1
Центр гипербарической медицины и физиологии окружающей среды, Университет Дюка (США)	http://anesthesiology.duke.edu/?page_id=828766	Медицинская информация и консультации по лечебно-диагностической работе для водолазных врачей	УК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8
Медицинский центр гипербарической оксигенации Long Beach, California	http://www.longbeachhyperbaricmedicine.com/index.html		

Название ресурса	Адрес в интернете	Виды источников информации	Использование для формирования компетенций
8. Сайты журналов по специальности и смежным областям знаний			
Подводная и гипербарическая медицина	www.researchgate.net/journal/1066-2936_Undersea_hyperbaric_medicine_journal	Новые научные публикации и методические разработки по физиологии подводного плавания, гигиене труда водолазов, водолазной медицине, гипербарической медицине и дайвингу	УК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-8
Водолазная и гипербарическая медицина	www.dhmjournal.com/		
Aviation, Space, and Environmental Medicine	http://www.ingentaconnect.com/content/asma/asm		
Медицина труда и промышленная экология	http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8825		
Водолазная медицина (Шотландия, Великобритания)	http://www.sdm.scot.nhs.uk/index.htm /		
Вестник Российской военно-медицинской академии	http://www.vmeda.org/vestnik.html		
Военно-медицинский журнал	http://sc.mil.ru/social/media/magazine/more.htm?id=8753@morfOrgInfo		
Military medicine by Association of Military Surgeons of the United States	http://www.worldcat.org/title/military-medicine/oclc/55948875&referer=brief_results	Новые научные публикации по физиологии подводного плавания, гигиене труда военных водолазов, водолазной медицине	УК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8
9. Сайты научных конференций и симпозиумов по водолазной медицине и смежным областям знаний			
Конференция по водолазной и гипербарической медицине	http://www.longbeachhyperbaricmedicine.com/dive_away_diving_medicine_course.html	Новые научные публикации по гипербарической медицине и дайвингу	УК-1, ПК-1, ПК-3
Европейские конференции по гипербарической медицине	http://www.echm.org/ECHM-Conferences.htm http://echm-lille-consensus-2016.org		
10. Сайты, с возможностью освоения алгоритмов отработки практических навыков, образовательных тестирований и онлайн-тренингов			
Учебно-виртуальный комплекс «Mentor Medicus» ЦНПО (Центра непрерывного профессионального образования) ПМГМУ им. И.М.Сеченова	http://www.mma.ru/education/uzentr/ http://www.mma.ru/uzentr/modul/index http://www.mma.ru/article/158299/	Алгоритмы, методики оказания первой и неотложной медицинской помощи водолазам, а также проверочные тесты	УК-3, ПК-6
Центр симуляционного обучения ВМедА им.С.М.Кирова	http://simcenter.vmeda-mil.ru		
«Всё о первой помощи»	http://allfirstaid.ru		

8) сайты журналов по специальности и смежным областям знаний;

9) сайты научных конференций и симпозиумов по водолазной медицине и смежным областям знаний;

10) сайты, с возможностью освоения алгоритмов отработки практических навыков, образовательных тестирований и онлайн-тренингов.

Можно заключить, что проведенная систематизация веб-ресурсов по видам и формируемым компетенциям у врача, контролирующего состояние водолазов, в том числе в процессе их специфического труда, направлена на достижение высокого профессионального уровня подготовки врача по водолазной медицине и может служить основой для использования в учебном процессе на профильных кафедрах гигиенической направленности медицинских вузов.

Выводы:

1. Применение в учебном процессе интернет-технологий для информационного поиска и использования наглядных дистанционных методов освоения и совершенствования навыков диагностики, оказания медицинской помощи, а также выполнения функциональных обязанностей врача в других областях водолазной медицины — приоритетное направление в информационно-дидактическом обеспечении учебного процесса при подготовке специалиста высшей квалификации.

2. При формировании опорной системы интернет-ресурсов необходимо исходить из формируемых у выпускника в результате освоения программы ординатуры по водолазной медицине универсальных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС.

3. Выделены основные виды интернет ресурсов, содержащих информацию, которая может использоваться в процессе обучения специальности водолазная медицина: информационно-образовательные и информационно-поисковые порталы; онлайн-библиотеки; онлайн-энциклопедии, справочники, музеи, видеохостинги, сайты отраслевых учреждений, научно-исследовательских организаций, ассоциаций и обществ отраслевых ВУЗов и кафедр по специальности, журналов по специальности и смежным областям знаний, научных конференции и симпозиумов по водолазной медицине и смежным областям знаний, сайты и порталы, предоставляющие возможность образовательных тестирований, онлайн-тренингов, освоения алгоритмов отработки практических навыков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взаимодействие человека с повышенным давлением газовой и водной среды / Мясников А.П., Мясников А.А. — СПб, 2006. — 150 с.
2. Гипербарическая медицина (практич. рук-во) / Под ред. Д. Матве. — М.: Бином, 2009. — 720 с.
3. Декомпрессионная болезнь / Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. — Калининград: «Страж Балтики», 2010. — 675 с.
4. Единые правила безопасности труда на водолазных работах. Ч. II, Медицинское обеспечение водолазов, РД 31.84.01–90. — М.: «Мортехинформреклама», 1992. — 290 с.

5. Майлс С. Подводная медицина. — М.: Медицина, 1971. — 328 с.

6. Медико-санитарное обеспечение водолазных спусков / Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. — М., 1999. — 686 с.

7. Медицинские проблемы подводных погружений. Пер. с англ. / Под ред. П.Б. Беннета и Д.Г. Эллиота. — М.: Медицина, 1988. — 672 с.

8. Медицинское обеспечение водолазов при спусках на малые и средние глубины: Учеб. пособие / Под ред. В.А. Рогожникова / Соколов Г.М., Смолин В.В., Дудков М.Д. и др. — М.: Изд-во «Рестарт», 2011. — 212 с.

9. Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ ПОТ Р М–030–2007. Инф.-справ. м-ал. Под общ. ред. В.А. Рогожникова. — М.: Фирма «Слово», 2007. — 320 с.

10. Методические рекомендации по проведению предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) водолазов и других работников, работающих в условиях повышенного давления. — М., 2011. — 78 с.

11. Митрохин А.А., Семенов В.Н., Булатов Н.Н., Воднева М.М. Клинический случай диагностики и лечения баротравмы средостения у дайвера-любителя // «Баротерапия в комплексном лечении и реабилитации раненых, больных и пораженных». Материалы X Всеарм. научно-практич. конф. с междунар. участием. — СПб, 2015. — С. 63.

12. Основы гипербарической физиологии / Г.Л. Зальцман, Г.А. Кучук, А.Г. Гургенидзе. — Л.: Медицина, 1979. — 320 с.

13. Правила водолазной службы ВМФ (ПВС-ВМФ – 2002). — М.: «Воениздат», 2002. — 176 с.

14. Проблемы космической биологии. Т. 39. Действие гипербарической среды на организм человека и животных / Ред. Черниговский В.Н. — М.: «Наука», 1980. — 259 с.

15. Руководство по гипербарической медицине / Под ред. С.А. Байдина, В.А. Граменицкого, Б.А. Рубинчика. — М., 2009. — 437 с.

16. Руководство по гипербарической оксигенации / А.Ю. Аксельрод, Л.Д. Ашурова, Н.Н. Бажанов и др. / Под ред. С.Н. Ефун. — М.: «Медицина», 1986. — 416 с.

17. Следков А.Ю. Глубинное опьянение. — СПб: ОТИМ, 1999. — 48 с.

18. Следков А.Ю. Нервный синдром высоких давлений. — СПб, 1997. — 84 с.

REFERENCES

1. Myasnikov A.P., Myasnikov A.A. Interaction of humans with increased pressure of gas and water medium. — St-Petersburg, 2006. — 150 p. (in Russian).
2. D. Mat'e, ed. Hyperbaric medicine (practical manual) . — Moscow: «Binom», 2009. — 720 p. (in Russian).
3. Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.N. Decompression disease. — Kaliningrad: «Strazh Baltiki», 2010. — 675 p. (in Russian).
4. Universal rules of work safety in divers' work. Part II. Medical care for divers. RD 31.84.01–90. — М.: «Mortekhinformreklama», 1992. — 290 p. (in Russian).
5. Mails S. Underwater medicine. — Moscow: Meditsina, 1971. — 328 p. (in Russian).

6. Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.N. Medical and sanitary care for diving descents. — Moscow, 1999. — 686 p. (in Russian).
7. P.B. Bennet, D.G. Elliot, eds. Medical problems of underwater descents. — Moscow: Meditsina, 1988. — 672 p. (in Russian).
8. V.A. Rogozhnikov, ed. Sokolov G.M., Smolin V.V., Dudkov M.D., et al. Medical care for divers descending on low and medium depths. Textbook. — Moscow: Izd-vo «Restart», 2011. — 212 p. (in Russian).
9. V.A. Rogozhnikov, ed. Interdisciplinary safety rules for diving works POT R M-030-2007. Information reference book. — Moscow: Firma «Slovo», 2007. — 320 p. (in Russian).
10. Methodic recommendations on preliminary and periodic medical examinations of divers and other workers exposed to excessive pressure. — Moscow, 2011. — 78 p (in Russian).
11. Mitrokhin A.A., Sementsov V.N., Bulatov N.N., Vodneva M.M. Clinical case of diagnosis and treatment of mediastinal barotrauma in amateur diver. «Barotherapy in complex treatment and rehabilitation of injured, wounded and diseased». Materials of X All-army scientific and practical conference with international participation. — St-Petersburg, 2015. — 63 p. (in Russian).
12. Zal'tsman G.L., Kuchuk G.A., Gurgenidze A.G. Basics of hyperbaric physiology. — Leningrad: Meditsina, 1979. — 320 p. (in Russian).
13. Rules of diver service Navy (PVS-VMF-2002). Moscow: «Voenizdat», 2002. — 176 p. (in Russian).
14. Chernigovskiy V.N., ed. Space biology problems. Vol 39. Effects of hyperbaric environment on humans and animals. — Moscow: «Nauka», 1980. — 259 p. (in Russian).
15. S.A. Baydin, V.A. Gramenitskiy, B.A. Rubinchik, eds. Manual on hyperbaric medicine. — Moscow, 2009. — 437 p. (in Russian).
16. Aksel'rod A.Yu., Ashurova L.D., Bazhanov N.N., et al. / S.N. Efuni, ed. — Moscow: Meditsina, 1986. — 416 p. (in Russian).
17. Sledkov A.Yu. Intoxication of depth. — St-Petersburg: OTIM, 1999. — 48 p. (in Russian).
18. Sledkov A.Yu. Nervous syndrom of high pressure. — St-Petersburg, 1997. — 84 p. (in Russian).

Поступила 26.06.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бухтияров Игорь Валентинович (Bukhtiyarov I.V.),
дир. ФГБНУ НИИ мед. труда, зав. каф. авиационной и космической медицины ГБОУ ДПО 1-й МГМУ им. И.М. Сеченова, д-р мед. наук, проф. засл. деятель науки. E-mail: niimt@niimt.ru.

Иванов Иван Васильевич (Ivanov I.V.),
вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ мед. труда, проф. каф. авиационной и космической медицины ГБОУ ДПО 1-й МГМУ им. И.М. Сеченова, д-р мед. наук, проф. E-mail: ivanov-iv@yandex.ru.

Семенов Вадим Николаевич (Sementsov V.N.),
гл. спец. ФМБА России по водолазной медицине, доц. каф. авиационной и космической медицины ГБОУ ДПО 1-й МГМУ им. И.М. Сеченова, канд. мед. наук, доц. E-mail: vadis4@yandex.ru.

УДК 613.6; 613.867

Д.В. Турчанинов, А.В. Коваленко, А.В. Брусенцова, И.А. Сохошко

СИНДРОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У РАБОТНИКОВ РАДИОТЕЛЕВИЗИОННОГО ПЕРЕДАЮЩЕГО ЦЕНТРА

ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» Минздрава России, ул. Ленина, д. 12, Омск, Россия, 644099

Синдром профессионального выгорания (СПВ), являющийся значимым фактором риска здоровью, выявляется не только у лиц социально-ориентированных профессий, но и у специалистов, работающих в профессиях субъект-объектного типа. В рамках комплексного исследования условий труда и здоровья с использованием теста В.В. Бойко изучен уровень эмоционального выгорания личности у персонала радиотелевизионного передающего центра. У значительного числа (53,3%) работников основных профессий РТПЦ имеется высокий уровень «профессионального выгорания» (фаза истощения либо сформировалась, либо находится в стадии формирования). Медиана суммарного балла СПВ составила 123 (74,0; 155,0) балла, что выше, чем аналогичный показатель многих профессий субъект-субъектного типа. Эмоциональная защита проявляется в виде «ухода» от проявлений эмоций на работе, увеличением дистанции в общении с коллегами, дома с родными и близкими, избеганием выполнения работ, которые требуют эмоциональных затрат. С увеличением стажа работы более выражен перенос экономии эмоций не только в профессиональной сфере, но и вне профессии с родственниками, друзьями.

Полученные результаты характеризуют наличие предпосылок для формирования снижения работоспособности и отклонений в состоянии здоровья, а также определяют необходимость учета данного фактора в комплексной оценке условий труда и здоровья персонала предприятий в сфере телерадиокommunikаций.

Ключевые слова: синдром профессионального выгорания, тест эмоционального выгорания личности В.В. Бойко, радиотелевизионный передающий центр, условия труда.

D.V. Turchaninov, A.V. Kovalenko, A.V. Brusentsova, I.A. Sokhoshko. **Occupational burnout syndrome in workers of radio and television broadcasting center**

«Omsk State Medical Academy» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Str. Lenina, d. 12, Omsk, Russia, 644099

Occupational burnout syndrome — an important health risk factor — is seen not only in social occupations, but also in “subject-object” occupation professionals. Complex study of work conditions and health used V.V. Boiko test for assessment of emotional burnout level in radio and television broadcasting center personnel. Considerable share (53,3%) of main occupations workers in radio and television broadcasting center demonstrates high level of occupational burnout (exhaustion phase has developed or is being developed). Median total points of occupational burnout syndrome equalled 123 (74,0; 155,0) that is higher than the similar parameter for many “subject-object” occupations. Emotional defence is manifested by withdrawal from emotional show at work, increased distance in communication with colleagues, at home with relatives, avoidance of work demanding emotional charge. Longer length of service is connected with less open emotions not only in occupational sphere, but outside profession with relatives, friends.

The results obtained point to predisposition for lower performance and health disturbances, necessitate consideration of this factor in complex evaluation of work conditions and health of personnel engaged in radio and television communications.

Key words: occupational burnout syndrome, V.V. Boiko test of personality emotional burnout, radio and television broadcasting center, work conditions.

Введение. Здоровье человека формируется под воздействием комплекса факторов риска, среди которых ведущее место занимают такие факторы как нерациональное питание, вредные привычки, социально-экономические аспекты. Изучение распространенности и вклада таких факторов риска в совокупности с условиями труда и факторами трудового процесса в формирование заболеваемости работающих и качества жизни, связанного со здоровьем, представляется не полностью решенной и актуальной задачей гигиенической науки. Для некоторых профессий, в силу их специфики, значимым фактором риска является уровень стресса и профессионального (эмоционального) выгорания. Профессиональное выгорание — это синдром, развивающийся постепенно на фоне хронического стресса и ведущий к истощению эмоционально-энергетических и личностных ресурсов работающего человека [4,5]. В последнее время синдром профессионального выгорания (СПВ) выявляется и у специалистов, для которых контакт с людьми вообще не характерен (программисты, офисные работники и др.), так называемые профессии субъект-объектного типа. Специфика проявления и протекания синдрома психического выгорания у субъект-объектного типа выражена тремя компонентами: психоэмоциональным истощением, деперсонализацией и профессиональной неэффективностью, с проявлением в виде эмоционального истощения и усталости, вызванных собственной работой, потери человеком удовлетворения от своей настоящей профессиональной деятельности, снижения мотивации в профессиональной сфере [2,3,6,7].

Цель. Оценить уровень распространенности, интенсивности и особенности формирования синдрома

профессионального выгорания у работников радиотелевизионного передающего центра.

Материалы и методы. В рамках комплексного исследования условий труда и здоровья персонала было проведено анкетирование работников Омского областного радиотелевизионного передающего центра (n=90) с использованием теста эмоционального выгорания личности В.В. Бойко [1]. Анкета содержала 84 вопроса. Данный тест дает подробную картину синдрома «эмоционального выгорания» по двенадцати симптомам, группирующимся в три фазы (напряжения, резистенции, истощения). При интерпретации результатов определялись: степень сформированности каждого симптома и фазы, наличие доминирующих симптомов, общий уровень СПВ (суммарное количество баллов), приоритетные причины формирования фазы истощения СПВ (факторы профессиональной деятельности или субъективные факторы), направления коррекции производственной обстановки для снижения нервного напряжения.

Выборка являлась стратифицированной по полу, участку производства, стажу работы, профессиональной группе. Предварительно была рассчитана ее минимальная численность, составившая 86 респондентов. Всех опрошенных разделили на четыре группы по профессиональному признаку: руководящий состав (начальник лаборатории, начальник участка, начальник цеха, заместитель начальника цеха), инженерные специальности (инженер средств радио и телевидения, инженер-программист, инженер-электроник, инженер по метрологии, инженер по радиовещательному оборудованию), рабочие специальности (антенщик-мачтовик, электромонтер стационарного оборудования

радиорелейных линий связи, электромеханик средств радио и телевидения, слесарь-ремонтник, электромеханик радиовещания) и обслуживающий персонал. При анализе влияния профессионального стажа работы на формирование СПВ группа «обслуживающий персонал» была исключена ввиду ее немногочисленности и малой продолжительности работы на данном месте (менее 4 лет). Выделялись три группы по продолжительности стажа работы на рабочем месте (до 3 лет, 4–10 лет, 11 лет и более).

Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимался равным 0,05. Проверка нормальности распределения производилась с использованием критерия Шапиро–Уилки, проверка гипотез о равенстве генеральных дисперсий — с помощью F -критерия Фишера. Средние выборочные значения количественных признаков приведены в тексте в виде $M \pm SE$, где M — среднее выборочное, SE — стандартная ошибка среднего. При распределении значений в ряду, отличном от

Таблица 1

Количественные показатели выраженности синдрома профессионального выгорания у работников РТПЦ по шкалам и фазам опросника В.В. Бойко, балл

Шкала	M	SE	P25	P50	P75
Ф1Н 1. Переживание психотравмирующих обстоятельств	8,67	0,70	3,0	8,0	10,0
Ф1Н 2. Неудовлетворенность собой	6,98	0,78	0,0	5,0	8,0
Ф1Н 3. «Загнанность в клетку»	6,73	0,88	0,0	2,0	12,0
Ф1Н 4. Тревога и депрессия	8,33	0,82	0,0	7,0	13,0
Ф2Р 1. Неадекватное эмоциональное реагирование	15,07	0,68	12,0	13,0	20,0
Ф2Р 2. Эмоционально-нравственная дезориентация	10,18	0,76	5,0	8,0	15,0
Ф2Р 3. Расширение сферы экономии эмоций	8,98	0,72	5,0	8,0	13,0
Ф2Р 4. Редукция профессиональных обязанностей	13,49	0,76	7,0	14,0	20,0
ФЗИ 1. Эмоциональный дефицит	10,56	0,73	5,0	10,0	17,0
ФЗИ 2. Эмоциональная отстраненность	12,93	0,55	10,0	15,0	15,0
ФЗИ 3. Личностная отстраненность (деперсонализация)	10,07	0,73	5,0	10,0	13,0
ФЗИ 4. Психосоматические и психовегетативные нарушения	8,58	0,83	2,0	5,0	13,0
Фаза напряжения	30,71	2,30	8,0	23,0	50,0
Фаза резистенции	47,71	1,67	36,0	49,0	61,0
Фаза истощения	42,13	2,05	27,0	40,0	58,0
Суммарный балл	120,56	5,41	74,0	123,0	155,0

Таблица 2

Удельный вес сотрудников РТПЦ с сформировавшимися и формирующимися симптомами профессионального выгорания, в %

Шкала	Симптом (фаза) сложилась / сформировалась		Симптом (фаза) складывается / формируется		Всего
	P, %	m	P, %	m	
Ф1Н 1. Переживание психотравмирующих обстоятельств	17,8	4,0	8,9	3,0	26,7
Ф1Н 2. Неудовлетворенность собой	13,3	3,6	8,9	3,0	22,2
Ф1Н 3. «Загнанность в клетку»	13,3	3,6	26,7	4,7	40,0
Ф1Н 4. Тревога и депрессия	13,3	3,6	26,7	4,7	40,0
Ф2Р 1. Неадекватное эмоциональное реагирование	40,0	5,2	48,9	5,3	88,9
Ф2Р 2. Эмоционально-нравственная дезориентация	24,4	4,5	20,0	4,2	44,4
Ф2Р 3. Расширение сферы экономии эмоций	20,0	4,2	24,4	4,5	44,4
Ф2Р 4. Редукция профессиональных обязанностей	46,7	5,3	6,7	2,6	53,3
ФЗИ 1. Эмоциональный дефицит	28,9	4,8	24,4	4,5	53,3
ФЗИ 2. Эмоциональная отстраненность	22,2	4,4	53,3	5,3	75,6
ФЗИ 3. Личностная отстраненность (деперсонализация)	22,2	4,4	28,9	4,8	51,1
ФЗИ 4. Психосоматические и психовегетативные нарушения	22,2	4,4	17,8	4,0	40,0
Фаза напряжения	11,1	3,3	28,9	4,8	40,0
Фаза резистенции	26,7	4,7	42,2	5,2	68,9
Фаза истощения	22,2	4,4	31,1	4,9	53,3

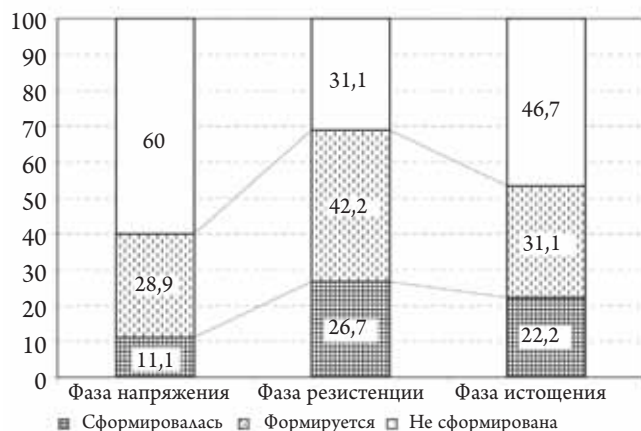


Рис. Структура сформированности фаз синдрома профессионального выгорания у сотрудников РТПЦ, %

нормального, указывались медиана (P50) и интерквартильный размах (25-процентиль (P25); 75-процентиль (P75)).

Результаты исследования и их обсуждение.

Полученные результаты диагностики СПВ позволяют констатировать, что медиана суммарного балла у всех респондентов РТПЦ составила 123 (74; 155) баллов (табл. 1). По литературным данным средние величины аналогичного показателя у врачей составляли 94–100 баллов, предпринимателей — 108 баллов.

В целом, у персонала РТПЦ определились формирующиеся вторая (резистентности) и третья (истощения) фазы выгорания. Среди симптомов этих стадий можно определить такие складывающиеся симптомы как: эмоциональная отстраненность (сформировалась у 13,0±0,55%), редукция профессиональных обязанностей (14±0,76%), неадекватное избирательное эмоциональное реагирование (15±0,68%), эмоциональный дефицит (11±0,73%), деперсонализация (10±0,73%) (табл. 2, рис.).

Отдельный интерес представляет наличие доминирующих симптомов. Тут можно выделить симптомы «неадекватное эмоциональное реагирование» доминирует у 33,3±5%, «эмоционально-нравственная дезориентация» — у 29±4,8%.

При анализе анкет работающих в разрезе профессиональных групп определены различия между тремя группами ($p=0,0257$, $N=7,32$) по симптому «деперсонализация». Этот симптом наиболее выражен в профессиональных группах «руководящий состав» и «рабочие специальности».

При проведении корреляционного анализа между профессиональным стажем (на данном рабочем месте) и симптомами фаз выгорания определены средней силы корреляционные связи по симптомам «расширение экономии эмоций» ($r_s = +0,35$; $p=0,0007$) и «эмоциональная отстраненность» ($r_s = -0,34$; $p=0,0009$), слабой силы корреляционные связи — «эмоционально-нравственная дезориентация» ($r_s = -0,20$; $p=0,05$).

Выводы:

1. У значительного числа работников основных профессий РТПЦ имеется высокий уровень «профессионального выгорания». Более чем у половины персонала фаза истощения либо сформировалась, либо находится в стадии формирования.

2. Работники РТПЦ, как правило, защищаются от сложившейся ситуации с помощью «ухода» от проявлений эмоций на работе, увеличением дистанции в общении с коллегами, дома с родными и близкими, избеганием выполнения работ, которые требуют эмоциональных затрат.

3. Полученные результаты свидетельствуют о том, что фактор профессионального выгорания вносит значимый вклад в формирование здоровья работающих на рабочих местах РТПЦ, и его необходимо учитывать в комплексной оценке здоровья и при планировании и реализации профилактических программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 6,7)

1. Бойко В.В. Синдром «эмоционального выгорания» в профессиональном общении. СПб.: «Питер», 1999. — 105с.
2. Буянкина М.А. // Вестн. Владимирского гос. гуманит. ун-та. — Серия: Педагогические и психологические науки. — Владимир. — 2011. — № 9 (28). — С. 78–84.
3. Неруш Т.Г. // Известия Саратовского ун-та т. 12. — Сер. Философия. Психология. Педагогика. — Саратов, — 2012. Вып. 3 — С. 83–87.
4. Орел В.Е. Синдром психического выгорания личности. — М.: Ин-т психол. РАН, 2005. — 330 с.
5. Скугаревская М.М. // Мед. новости. — 2002. — №7. — С. 3–9.

REFERENCES

1. Boiko V.V. Syndrom of «emotional burnout» in occupational communication. — St-Petersburg: «Piter», 1999. — 105 p (in Russian).
2. Buyankina M.A. // Vestnik Vladimirskogo gosudarstvennogo . gumanitarnogo universiteta. — Seriya: Pedagogicheskie i psikhologicheskie nauki. — Vladimir. — 2011. — 9 (28). — P. 78–84 (in Russian).
3. Nerush T.G. // Izvestiya Saratovskogo universiteta. — Vol 12. — Ser. Filosofiya. Psikhologiya. Pedagogika. — Saratov. — 2012. — issue 3. — P. 83–87 (in Russian).
4. Oryol V.E. Syndrome of psychic personality burnout. — Moscow: In-t psihol. RAN, 2005. — 330 p. (in Russian)
5. Skugarevskaya M.M. / Med. novosti. — 2002. — 7. — P. 3–9 (in Russian).
6. Chernis.s C., Shaufeli W.B., Maslach Cr., Marek T. // Washington DC: Taylor, Francis, 1993. — P. 135–149.
7. Maslach C., Leiter M.P. The Truth about Burnout: How organization cause personal stress and what to do about it. — San Francisco, C.A.: Jossey-Bass, 1997. — 186 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Турчанинов Денис Владимирович (Turchaninov D.V.),

зав. каф. гиг. с курсом питания человека, д-р мед. наук,
проф. E-mail: omskgsen@rambler.ru.

Коваленко Андрей Викторович (Kovalenko A.V.),

асп. каф. гиг. с курсом питания человека. E-mail:
omskapid2005@rambler.ru.

Брусенцова Анна Владимировна (Brusentsova A.V.),

асс. каф. гиг. с курсом питания человека, канд. мед. наук.

E-mail: anna4855@mail.ru.

Сохошко Игорь Александрович (Sokhoshko I.A.),

проф. каф. гиг. с курсом питания человека, д-р мед. наук.

E-mail: sokho-igor@yandex.ru.

УДК 613.648.2

С.Ю. Перов, О.В. Белая

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

ФГБНУ «НИИ медицины труда», пр-т Буденного, д. 31, Москва, Россия, 105275

Отсутствие в Российской Федерации нормативных документов, регламентирующих критерии и методы оценки экранирующих свойств средств защиты от электромагнитных полей радиочастотного диапазона, определяет актуальность разработки общих принципов и методов испытания средств индивидуальной защиты (СИЗ). Показано, что испытания СИЗ целесообразно проводить с учетом измерений в свободном пространстве и оценки поглощения электромагнитной энергии в тканезквивалентных фантомах. Коэффициент экранирования необходимо оценивать в нескольких зонах, соответствующих расположению критических органов человека.

Ключевые слова: электромагнитное поле, радиочастотный диапазон, средства индивидуальной защиты, коэффициент экранирования, методы испытания.

S.Yu. Perov, O.V. Belaya. **Evaluating efficiency of individual protective means for electromagnetic fields in radiofrequency range**

FSBSI «Research Institute of Occupational Health», 31, Pr-t Budennogo, Moscow, Russia, 105275

In Russian Federation, absent regulation document for criteria and methods evaluating screening properties of protective means against radio frequency electromagnetic fields necessitates development of general principles and methods for individual protective means testing. Findings are that individual protective means testing are expedient with consideration of measurements in free space and evaluation of absorbed electromagnetic energy in tissue-equivalent phantoms. Screening coefficient should be assessed in several zones corresponding to location of human vital organs.

Key words: electromagnetic field, radio frequency range, individual protective means, screening coefficient, testing methods.

Актуальность проблемы. Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) реализует один из принципов обеспечения электромагнитной безопасности человека, который позволяет персоналу находиться и выполнять работы в условиях воздействия электромагнитных полей (ЭМП) с интенсивностями выше предельно допустимых уровней (ПДУ) [5]. При проведении работ вблизи радиотехнического оборудования защита работающих от возможного неблагоприятного влияния электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) наряду с защитой временем может обеспечиваться с помощью СИЗ — специальной рабочей одежды, изготовленной из экранирующих материалов. Эффективность обеспечения электромаг-

нитной безопасности человека посредством СИЗ характеризуется коэффициентом экранирования, выражающим степень ослабления интенсивности внешнего ЭМП, прошедшего через материал или СИЗ, и тем самым определяющим возможность снижения высокоинтенсивного ЭМП до безопасного уровня. Особое значение для обеспечения безопасности человека при воздействии ЭМП РЧ имеют защитные свойства материалов и изготовленных из них СИЗ.

В международной практике для оценки степени защиты от ЭМП РЧ, обеспечиваемой материалом и СИЗ, широко применяются методы, представленные в зарубежных стандартах или разработанные на их основе [8,9,11,13-18]. В зависимости от оборудования,

используемого для генерации и измерения уровней ЭМП РЧ, вида тестового образца и воспроизводимых условий облучения можно выделить испытания материалов с помощью согласованных коаксиальных волноводов [8,10,16,17], с использованием ТЕМ-камеры или экранированной камеры [12,14,15,18], а также испытания в свободном пространстве [11–17]. Защитные свойства СИЗ оцениваются с помощью радиопрозрачных манекенов и тканеэквивалентных фантомов [9].

Несмотря на имеющиеся разработки и предложения отечественных исследователей по методам оценки защитных свойств материалов и СИЗ от ЭМП РЧ [2–4], в настоящее время на территории РФ отсутствуют нормативные документы, устанавливающие порядок, условия и методы оценки эффективности таких СИЗ. Это определяет необходимость разработки стандартизированных принципов оценки экранирующих свойств материалов и СИЗ [1,5,6].

Цель настоящей работы заключалась в определении оптимальных требований к методам контроля эффективности обеспечения электромагнитной безопасности работающих при применении СИЗ от ЭМП РЧ с учетом накопленного российского и международного опыта.

Материалы и методы. Основной характеристикой эффективности экранирующих материалов и СИЗ является коэффициент экранирования ($K_{\text{э}}$), определяющий степень ослабления ЭМП за счет эффектов отражения, поглощения и переотражения при прохождении электромагнитной волны через экранирующий материал. Соответственно, методы контроля электромагнитной безопасности работающих при использовании СИЗ от ЭМП РЧ направлены на определение коэффициента экранирования как основного количественного параметра эффективности защиты человека. Контроль экранирующих свойств материалов является необходимым этапом при проектировании и разработке СИЗ. Оценка защитных свойств готового изделия необходима для проверки соответствия предъявляемым требованиям, а также для оценки эффективности его конструкции с точки зрения обеспечения целостности и непрерывности экранирующей оболочки в местах соединения конструктивных элементов, швов, застежек и молний.

Подход к оценке защитных свойств материалов, а также изделий из них основан на экспериментальных измерениях и определении $K_{\text{э}}$ по отношению (в дБ) уровней ЭМП РЧ без экранирующего материала (комплекта). Испытания экранирующих свойств материалов и СИЗ проводятся при наличии источника и измерителя ЭМП РЧ, между которыми размещается тестовый образец.

Методы контроля защитных свойств экранирующих материалов и СИЗ должны учитывать условия их применения, которые включают рабочий частотный диапазон, условия экспозиции ЭМП РЧ в зависимости от расстояния до источника (ближняя или дальняя зо-

на облучения) и уровни внешнего ЭМП РЧ. Для оценки эффективности СИЗ по обеспечению безопасных уровней ЭМП РЧ, особую роль играют критерии гигиенической оценки воздействия фактора, на основе которых проводится расчет коэффициента экранирования. Существующие принципиальные различия между российским и международным подходом в гигиенической оценке воздействия ЭМП РЧ нашли отражение в методиках оценки защитных свойств СИЗ. Оценка экранирующих свойств СИЗ проводится в зависимости от частотного диапазона по параметрам внешнего ЭМП РЧ: уровень электрической составляющей (E), магнитной составляющей (H) или плотности потока энергии (ППЭ) [2,4]. В международной практике [9] наряду с этими параметрами используется дозиметрическая величина удельной поглощенной мощности (УПМ), являющейся количественной характеристикой взаимодействия ЭМП с биологическим объектом и используемой в гигиенической практике в качестве базового критерия нормирования «basic restriction».

Результаты и обсуждения. В соответствии с представленными выше требованиями целесообразно использовать методы контроля, которые могут обеспечить комплексную оценку защитных свойств материалов и СИЗ как в широком диапазоне частот, так и в различных условиях экспозиции к ЭМП РЧ.

Среди применяемых методов наиболее оптимальными для оценки экранирующих свойств материалов являются испытания в согласованных коаксиальных волноводах и в свободном пространстве, а для оценки экранирующих свойств СИЗ — испытания в свободном пространстве и в тканеэквивалентных фантомах.

Реализованное в зарубежном стандарте [8] испытание с помощью согласованных коаксиальных волноводов направлено на оценку ослабления интенсивности плоскополяризованной электромагнитной волны при прохождении через материал, что позволяет исследовать его экранирующие свойства при облучении в дальней зоне источника ЭМП РЧ [14,17]. Стандартная методика испытаний с помощью коаксиальных волноводов применима в диапазоне частот от 30 МГц до 1,5 ГГц, однако в ряде исследований предложены ее модификации, позволяющих проводить испытания экранирующих свойств материалов вплоть до 18 ГГц [10,14]. Наиболее удобной для практического применения представляется схема испытаний в коаксиальных волноводах с использованием векторного анализатора цепей [10,16], применяемого в качестве как генерирующего, так и измерительного оборудования. При таком подходе коэффициент экранирования материала рассчитывается по S-параметрам согласно ф-ле (1):

$$K = -10 \lg \left| S_{12}^{\text{опор}} \right|^2 + 10 \lg \left| S_{12}^{\text{тест}} \right|^2, (1)$$

где: $S_{12}^{\text{опор}}$ — коэффициент прохождения, измеренный с опорным образцом,

$S_{12}^{\text{тест}}$ — коэффициент прохождения, измеренный с тестовым образцом.

Испытания материалов в свободном пространстве [11,13] часто проводятся при размещении как передающей и приемной антенн, так и тестового образца, закрепленного с помощью радиопрозрачной рамки в безэховой камере. Коэффициент экранирования $K_{\text{э}}$ материала оценивается по параметрам ЭМП, измеренным до и после размещений тестового образца между передающей и приемной антеннами. Тип антенны ЭМП, излучению которого подвергается испытываемый образец, определяется исходя из рабочего диапазона частот: биконическая антенна (3–300 МГц), полуволновой диполь (300–3000 МГц) или рупорная антенна (3–60 ГГц). В зависимости от частотного диапазона испытания в свободном пространстве позволяют оценить экранирующие свойства материала в условиях облучения как в ближней, так и дальней зонах.

В данных исследованиях, наряду с оценкой коэффициента экранирования в одной точке, применена схема испытаний, позволяющая оценить пространственное распределение значений коэффициента экранирования образца материала в ближней зоне облучения. Предложенный подход реализован с помощью автоматизированной системы трехмерного позиционирования изотропных измерительных зондов напряженности электрического поля и/или напряженности магнитного поля, позволяющей провести измерения значений напряженности электрической (магнитной) составляющей ЭМП в каждом узле пространственной сетки сканирования. По результатам пространственных измерений параметров ЭМП РЧ при размещении испытываемого образца на поверхности плоского фантома рассчитывается коэффициент экранирования для каждого узла пространственной сетки по ф-лам 2 и 3:

$$K_{\text{E ij}} = 20 \lg (E_{\text{св ij}}/E_{\text{экр ij}}), \quad (2)$$

где: $E_{\text{св ij}}$ — значение напряженности электрической составляющей ЭМП в узле сетки (i, j), измеренное без испытываемого образца, В/м;

$E_{\text{экр ij}}$ — значение напряженности электрической составляющей ЭМП в узле сетки (i, j), измеренное с испытываемым образцом, В/м.

$$K_{\text{H ij}} = 20 \lg (H_{\text{св ij}}/H_{\text{экр ij}}) \quad (3)$$

где: $H_{\text{св ij}}$ — значение напряженности магнитной составляющей ЭМП в узле сетки (i, j) без испытываемого образца, А/м;

$H_{\text{экр ij}}$ — значение напряженности магнитной составляющей ЭМП в узле сетки (i, j) с испытываемым образцом, А/м.

Значения рассчитанных коэффициентов экранирования усредняются по плоскости сканирования.

Разработанный подход [2,4] для оценки эффективности СИЗ по обеспечению безопасных уровней ЭМП РЧ, установленных российскими нормативами [5], заключается в измерении уровней интенсивности ЭМП РЧ без экранирующего комплекта и внутри него и расчете коэффициента экранирования по полученным данным. Для проведения испытаний используется

радиопрозрачный манекен человека, включающий полный торс, руки, ноги и голову. Манекен с установленным внутри измерительным прибором размещается в зоне излучения антенны таким образом, чтобы полностью находиться в сравнительно однородном ЭМП. Предложенная методика испытаний направлена на контроль коэффициента экранирования в трех точках внутри манекена (голова, грудь и пах). Эти точки соответствуют расположению как наиболее критичных для воздействия ЭМП РЧ органов человека, так и конструктивным особенностям защитных комплектов. Таким образом, данный подход обеспечивает адекватную оценку эффективности защиты работающего при применении СИЗ. Рассмотренные испытания могут проводиться как в лабораторных условиях, так и на рабочих местах персонала радиотехнических объектов [2].

Коэффициент экранирования СИЗ оценивается по электрической составляющей в диапазоне частот 10 кГц до 300 МГц (ф-ла 4) и по плотности потока энергии выше 300 МГц (ф-ла 5).

$$K_{\text{э}} = 20 \lg (E_1/E_2), \quad (4)$$

где: E_1 и E_2 — значения напряженности электрической составляющей ЭМП РЧ без комплекта и внутри комплекта соответственно.

$$K_{\text{э}} = 10 \lg (\text{ППЭ}_1/\text{ППЭ}_2), \quad (5)$$

где ППЭ_1 и ППЭ_2 — значение плотности потока энергии ЭМП РЧ без комплекта, и внутри комплекта соответственно.

Рассмотренный подход испытаний СИЗ от ЭМП РЧ в свободном пространстве согласуется с методом, реализованным в одном национальном стандарте [9], который включает оценку коэффициента экранирования в двух точках внутри манекена (голова и грудь), а коэффициент экранирования СИЗ определяется по ф-ле 6 [9, 7]:

$$K_{\text{э}} = 10 \lg 2 / [(E_1/E_2)^2 + (H_1/H_2)^2], \quad (6)$$

где: E_1 и E_2 — значения напряженности электрической составляющей ЭМП внутри манекена с защитным комплектом и без защитного комплекта соответственно;

H_1 и H_2 — значения напряженности магнитной составляющей ЭМП, внутри манекена с защитным комплектом и без защитного комплекта соответственно.

Разработанная нами система оценки эффективности СИЗ включает принцип, основанный на дозиметрических измерениях внутри тканеэквивалентных фантомов аналогичный используемому в стандарте [9], при котором оценка $K_{\text{э}}$ определяется по параметру удельной поглощенной мощности (УПМ). Для проведения испытаний используется фантом тела человека, заполненной тканеэквивалентной жидкостью, под которым в области головы и груди устанавливается источник ЭМП РЧ.

С помощью дозиметрических зондов и системы позиционирования зонда в пространстве проводятся

измерения среднеквадратичных значений напряженности электрической составляющей ЭМП РЧ в фантоме для каждого положения антенны, и рассчитывается величина УПМ по соотношению (7):

$$\text{УПМ} = (\sigma/\rho) \left| E \right|^2 \quad (7)$$

где: σ — удельная электрическая проводимость тканезквивалентной жидкости, См/м;

ρ — плотность тканезквивалентной жидкости, кг/м³;
 $\left| E \right|^2$ — СКЗ напряженности электрической составляющей, В/м.

По значениям УПМ, определенным при отсутствии и наличии защитного комплекта, рассчитывается Кэ в соответствии с соотношением (8):

$$\text{Кэ} = 10 \lg (\text{УПМ}_1/\text{УПМ}_2), \quad (8)$$

где: УПМ₁ и УПМ₂ — величины УПМ, полученные после испытаний без защитного комплекта и с защитным комплектом соответственно.

Рассмотренный метод испытаний защитных свойств СИЗ по параметру УПМ дополняет метод в свободном пространстве, однако может быть реализован только в лабораторных условиях.

Вышеприведенные принципы испытания эффективности экранирования средств индивидуальной защиты от ЭМП РЧ и материалов, используемых для их изготовления, были использованы при разработке первой редакции межгосударственного стандарта ГОСТ XX.X. XXX-XXXX ССБТ. «Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методы контроля».

Выводы:

1. Для оценки экранирующих свойств материалов рекомендовано использовать методы испытания в коаксиальных волноводах и в свободном пространстве, сочетание которых позволяет проводить комплексную оценку экранирующих свойств материалов в ближней и дальней зонах источника ЭМП в широком диапазоне частот.

2. Применение автоматизированной системы трехмерного позиционирования измерительного зонда позволяет детально исследовать экранирующие свойства материалов и конструктивных элементов (швов) по пространственным распределениям коэффициента экранирования материала.

3. Испытания экранирующих комплектов целесообразно проводить как по измерениям в свободном пространстве, так и в тканезквивалентных фантомах. При этом коэффициент экранирования необходимо оценивать в нескольких областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 7–18)

1. ГОСТ Р 12.4.292–2013 ССБТ. «Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Общие технические требования».

2. Ермоленко А.Е., Кравченко О.К., Афанасьева Р.Ф. и др. Научное обоснование гигиенических требований к средствам индивидуальной защиты для проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы. Актуальные проблемы «Медицины труда». Сб. трудов ин-та. Под редакцией академика РАМН Н.Ф. Измерова. — М.: ООО Фирма «Рейнфор», 2010. — С. 7–62.

3. Никифорова А.А., Давыдов А.Ф., Курденкова А.В., Бызова Е.В. // Дизайн и технологии. — 2013. — № 36 (78). — С. 55–61.

4. Рубцова Н.Б., Фараджев В.И., Перов С.Ю., Белая О.В. // Известия Самарского НЦ РАН. — 2014. — Т. 16, №5(2). — С. 801–804.

5. СанПиН 2.2.4.1191–2003 «Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».

6. ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

REFERENCES

1. GOST R 12.4.292–2013 SSBT. «Screening set for protection of personnel from electromagnetic fields of radiofrequency range. General technical requirements» (in Russian).

2. Ermolenko A.E., Kravchenko O.K., Afanas'eva R.F., et al. Scientific basis of hygienic requirements to individual protective means for sanitary epidemiologic examination. Topical problems of «Occupational medicine». Proc of Institute works. RAMSc Academician N.F. Izmerov, ed. — Moscow: ООО Firma «Reinfor», 2010. — P. 7–62 (in Russian).

3. Nikiforova A.A., Davydov A.F., Kurdenkova A.V., Byzova E.V. // Dizayn i tekhnologii. — 2013. — 36 (78). — P. 55–61 (in Russian).

4. Rubtsova N.B., Faradzhev V.I., Perov S.Yu., Belaya O.V. // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. — 2014. — Vol 16. — 5 (2). — P. 801–804 (in Russian).

5. SanPiN 2.2.4.1191–2003 «Electromagnetic fields in industrial conditions. Sanitary epidemiologic rules and regulations» (in Russian).

6. TR TS 019/2011 «On safety of individual protective means» (in Russian).

7. Arps V. and Scheibe K. // Advances in Radio Science. — 2005. — N 3. — P. 125–129.

8. ASTM D 4935–99. Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials. ASTM, 1999.

9. DIN 32780–100 (German National Standard). Protective clothing — Part 100: Protection against electromagnetic fields in the frequency range from 80 MHz to 1 GHz. Requirements and test methods. — Germany, 2002. — P. 29.

10. Hong Y. K., Lee C. Y., Jeong C. K. et al. // Rev. Sci. Instrum. — 2003. — Vol. 74. — N. 2. — P. 1098–1102.

11. IEEE Std 299–1997. IEEE Standard Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures. IEEE, 1996.

12. Jagatheesan K., Ramasamy A., Das A. and Basu A. // Textile Progress. — 2015. — Vol. 47. — N 2. — P. 87–161.

13. MIL-STD-285 Military Standard. Attenuation Measurements for Enclosures, Electromagnetic Shielding, for Electronic Test Purposes, Method of. Government Printing Office. — Washington, 1956.

14. Morari C., Balan I. // *Electrotehnica, Electronica, Automatica*. — 2015. Vol. 63. — N 2. — P. 126–136.

15. Mottahed B. D. and Manoochehri S. // *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. — 1995. — Vol. 34. — N. 2. — P. 271–346.

16. Wieckowski T.W., Janukiewicz J.M. // *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. — 2006. — N. 5 (59). — P. 18–22.

17. Wilson P.F., Ma M.T. and Adams J.W. // *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*. — 1988. — Vol. 30. — N. 3. — P. 239–250.

18. Wilson P.F. and Ma M.T. // *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*. — 1988. — Vol. 30. — N. 3. — P. 251–259.

Поступила 18.04.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Перов Сергей Юрьевич (Perov S.Yu.),

вед. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ», канд. биол. наук.
E-mail: perov1980@mail.ru.

Белая Ольга Викторовна (Belaya O.V.),

мл. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ». E-mail: ogabelaya@gmail.com.

УДК 614.872.4:575.34+616-018

И.Н. Васильева^{1,2}, В.Г. Беспалов^{1,2}, В.Н. Зинкин³

НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ШУМ КАК ВРЕДНЫЙ ФАКТОР, ПОВЫШАЮЩИЙ ЧАСТОТУ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ И УСИЛИВАЮЩИЙ КЛЕТОЧНУЮ ГИБЕЛЬ

¹ Научная лаборатория химиопрофилактики рака и онкофармакологии ФГБУ «НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, ул. Ленинградская, д. 68, пос. Песочный, СПб, Россия, 197758

² Международный НЦ «Биотехнологии третьего тысячелетия» Университета ИТМО, ул. Ломоносова, д. 9, СПб, Россия, 191002

³ Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики) 4-го Центрального НИИ Минобороны РФ, ал. Петровско-Разумовская, д. 12А, Москва, Россия, 127083

Исследовано действие низкочастотного шума (НЧШ) на геном клеток и процессы клеточной гибели. Крыс самцов Вистар подвергали воздействию низкочастотного шума (НЧШ) с максимальным диапазоном до 250 Гц с уровнями звукового давления (УЗД) 120 дБ или 150 дБ однократно (в течение 17 мин.) или многократно (17 мин. по 5 дней в неделю в течение 13 недель), после чего оценивали частоту хромосомных aberrаций в клетках костного мозга и содержание низкомолекулярной ДНК (нмДНК) в плазме крови. По сравнению с контролем однократное воздействие НЧШ с УЗД 120 или 150 дБ достоверно увеличивало частоту хромосомных aberrаций более чем в 10 раз и вызывало появление дицентриков в спектре aberrаций, а также достоверно увеличивало содержание нмДНК в плазме крови более чем в 7 раз, причем уровень нмДНК оставался высоким в течение 7 суток после воздействия НЧШ. Многократное воздействие НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ приводило к достоверному увеличению содержания нмДНК соответственно в 36 и 22 раза по сравнению с контролем. Таким образом, НЧШ оказывает вредное действие на геном, увеличивая частоту хромосомных aberrаций, и усиливает апоптоз, что проявляется повышением уровня внеклеточной нмДНК.

Часть работы выполнена при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074U01).

Ключевые слова: низкочастотный шум, хромосомные aberrации, внеклеточная низкомолекулярная ДНК, плазма крови, апоптоз.

I.N. Vasil'eva^{1,2}, V.G. Bepalov^{1,2}, V.N. Zinkin³. **Low-frequency noise as a hazard increasing occurrence of chromosomal aberrations and promoting cell death**

¹ Laboratory of Cancer Chemoprevention and Oncopharmacology of N.N. Petrov Research Institute of Oncology of the Russian Ministry of Health, 68, Leningradskaya Str., Pesochny, St.-Petersburg, Russia, 197758

² International Research Centre «Biotechnologies of the Third Millennium», ITMO University, 9, Lomonosova Str., St.-Petersburg, Russia, 191002

³ Research Test Center (Aerospace Medicine and Military Ergonomics) of the Fourth Central Research Institute of the Russian Ministry of Defence, 12A, Petrovsko-Rasumovskaya Al., Moscow, Russia, 127083

The authors studied influence of low frequency noise on cells genome and cell death processes. Vistar male rats were exposed to low frequency noise with maximal range up to 250 Hz with noise pressure of 120 dB or 150 dB once (during 17 minutes) or repeatedly (17 minutes 5 days per week over 13 weeks), after that frequency of chromosomal aberrations in bone marrow cells and serum low-molecular DNA were assessed. In comparison with reference values, single exposure to low frequency noise with noise pressure of 120 or 150 dB reliably increased frequency of chromosomal aberrations more than 10-fold and caused dicentrics in aberrations spectrum, significantly increased serum low-molecular DNA over 7-fold, with low-molecular DNA level remaining high during 7 days after exposure to low frequency noise. Repeated exposure to low frequency noise with noise pressure 120 and 150 dB resulted in reliable increase of low-molecular DNA level 36-fold and 22-fold respectively vs. reference values. Thus, low frequency noise harms genome, with more frequency of chromosomal aberrations, and increases apoptosis that manifests in higher level of extracellular low-molecular DNA.

Some part of the work was performed with governmental financial support of leading universities of Russian Federation (grant 074U01).

Key words: *low frequency noise, chromosomal aberrations, extracellular low-molecular DNA, blood serum, apoptosis.*

Всемирная организация здравоохранения признает низкочастотный шум (НЧШ) как проблему окружающей среды [12]. НЧШ от 20 до 300 Гц эмитируется различными источниками, такими как транспорт, особенно грузовики, автобусы, трамваи, самолеты, вертолеты; промышленное оборудование; нагревательные, охлаждающие и вентиляционные системы зданий; компрессоры, ветряные турбины [14,16]. Причем НЧШ распространяется на большие расстояния и проникает через стены и окна с небольшим ослаблением [14].

НЧШ вызывает серьезные расстройства здоровья, такие как стрессорное перенапряжение, нарушения сна, виброакустическая болезнь [14]; повышенная утомляемость, раздражительность, головная боль, повышенная потливость, усталость, боли в области сердца, затруднение дыхания [17]; расстройства вестибулярной системы, проявляющиеся головокружением, тошнотой и нистагмом [11]. Обнаружено нарушение обмена сестринских хроматид в спленоцитах мышей под влиянием НЧШ [15]. НЧШ при воздействии на крыс вызывал периваскулярные структурные изменения в артериальных коронарных сосудах, приводящие к развитию периартериального фиброза в сердце [9], приводил к увеличению периваскулярно-протоковой соединительной ткани околушной железы [13]. Следовательно, НЧШ может отрицательно влиять на геном, ткани и клетки организма.

Цель исследования — оценить действие НЧШ на частоту хромосомных aberrаций в клетках костного мозга и содержание низкомолекулярной ДНК (нмДНК) в плазме крови.

Материалы и методы. Экспериментальные животные. Работа проведена на 96 крысах-самцах Вистар разведки питомника «Рапполово» Ленинградской области в возрасте 12 недель с массой тела 170 ± 35 г. Животные содержались в виварии барьерного типа в стандартных условиях, в полипропиленовых клетках, по 6 крыс в каждой клетке, в помещении с 14/10 ч световом режиме, при 21–23°C. Крысы получали стандартный брикетированный комбикорм для содержания лабораторных грызунов (ООО Лабораторкорм, Москва) и питьевую водопроводную воду без ограничений. Содержание и все манипуляции с

животными проводились в соответствии с Национальным стандартом «Принципы надлежащей лабораторной практики», Россия, ГОСТ Р–53434–2009. Дизайн экспериментов был одобрен этическим комитетом НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова (СПб Россия).

Воздействие низкочастотного шума. В качестве акустического генератора использован электродинамический излучатель JBL 2225 (США), эмитирующий НЧШ с максимальным диапазоном до 250 Гц, с уровнем звукового давления (УЗД) 120 дБ или 150 дБ.

Определение частоты хромосомных aberrаций. 24 крысы были рандомизированы на 4 группы по 6 животных в группе: воздействие НЧШ с УЗД 120 дБ однократно в течение 17 мин., воздействие НЧШ с УЗД 150 дБ однократно в течение 17 мин.; контроль в каждой группе с воздействием НЧШ, в которых крысы не подвергались никаким воздействиям, в последующем для анализа две контрольные группы были объединены.

Хромосомные aberrации определяли в метафазных пластинках клеток костного мозга крыс методом, описанным ранее [18]. Животным вводили внутрибрюшинно 0,2 мл 0,025% колхицина (Sigma-Aldrich) за 2 ч до забоя методом цервикальной дислокации через 24 ч после воздействия НЧШ. Препараты костного мозга получали промыванием большеберцовой кости средой 199 («Биомед» им. И.И. Мечникова) при 37°C. Суспензию клеток центрифугировали при 150 g в течение 6 мин, ресуспендировали в 0,56% растворе KCl и фиксировали в 1:3 смеси ледяной уксусной кислоты и метанола. Препараты окрашивали по Романовскому-Гимза стандартным раствором азурэозина («Юнимед») в течение 40 мин. и просматривали под световым микроскопом, анализируя на менее 100 метафазных пластинок от каждой крысы. Рассчитывали процент клеток с aberrациями хромосом. Подсчитывались общая частота хромосомных aberrаций, частота дицентриков, одиночных и парных фрагментов.

Определение содержания нмДНК в плазме крови. 72 крысы были рандомизированы на 9 групп по 8 животных в группе: воздействие НЧШ с УЗД 120 дБ или 150 дБ однократно в течение 17 мин. со взятием крови че-

рез 1 сутки, контроль без воздействий к данным двум группам; воздействие НЧШ с УЗД 120 дБ или 150 дБ однократно в течение 17 мин. со взятием крови через 7 суток, контроль без воздействий к данным двум группам; воздействие НЧШ с УЗД 120 дБ или 150 дБ многократно по 17 мин. 5 дней в неделю в течение 13 недель со взятием крови через 1 сутки после последней экспозиции к НЧШ, контроль без воздействий к данным двум группам.

Содержание нмДНК в плазме крови определяли методом, описанным ранее [2]. Образцы крови собирали после декапитации животных под эфирным наркозом. Для каждого образца отделяли плазму после центрифугирования при 900 g в течение 10 мин при 4 °С. Для удаления клеток и клеточного дебриса плазму дополнительно центрифугировали дважды при 2200 g в течение 10 мин. В каждом образце нуклеиновые кислоты экстрагировали депротеинизацией фенолом и хлороформом и осаждали этанолом. Высушенные препараты растворяли в деионизированной воде (1 мкл на 1 мл исходного образца плазмы). Растворенные препараты ДНК инкубировали с РНКазой (Sigma-Aldrich) и определяли после электрофореза в градиенте 2/16, % полиакриламидного геля (Amresco), окрашенного бромидом этидия (Amresco). В каждой пробе нмДНК (160–180 п.н.) количественно оценивали по соответствующим стандартам — BspR1/pBR322 (Sigma-Aldrich).

Результаты экспериментов подвергали статистической обработке в программе GraphPad Prism 6 с использованием критерия Стьюдента для несвязан-

ных выборок. Определяли среднее арифметическое и стандартную ошибку ($M \pm m$) с расчетом значения p .

Результаты. Влияние НЧШ на частоту хромосомных аберраций.

Влияние однократного воздействия НЧШ с разным УЗД на хромосомные аберрации в костном мозге у крыс представлено в табл. 1. В контрольной группе общая частота спонтанных хромосомных аберраций составила $0,9 \pm 0,3\%$, тогда как в группах с воздействием НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ общая частота хромосомных аберраций статистически достоверно увеличивалась соответственно в 12,6 и 11,1 раза. В контроле и группах с воздействием НЧШ различался спектр хромосомных аберраций. В контроле вообще не были обнаружены дицентрики, тогда как в группах с воздействием НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ частота дицентриков составила соответственно $2,2 \pm 1,1\%$ ($p=0,01$) и $1,5 \pm 1,1$ ($p>0,05$). В контроле частота одиночных фрагментов составила $0,3 \pm 0,2\%$, тогда как в группах с воздействием НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ частота одиночных фрагментов статистически недостоверно увеличивалась соответственно в 5,3 и 4,7 раза. В контроле частота парных фрагментов составила $0,6 \pm 0,3\%$, тогда как в группах с воздействием НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ частота парных фрагментов увеличивалась соответственно в 12,5 ($p<0,0001$) и 11,8 раза ($p>0,05$). Интересно отметить, что увеличение УЗД НЧШ не сказывалось на повреждении хромосом; как общая частота хромосомных аберраций, так и их спектр в группах с УЗД 120 и 150 дБ значимо не различались (табл. 1).

Таблица 1

Частота хромосомных аберраций в метафазных пластинках клеток костного мозга после однократного воздействия низкочастотного шума

Группа	Число крыс	Хромосомные аберрации, %			
		одиночные фрагменты	парные фрагменты	дицентрики	всего
Контроль	12	$0,3 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,3$	0,0	$0,9 \pm 0,3$
НЧШ 120 дБ	6	$1,6 \pm 1,0$	$7,5 \pm 1,4^1$	$2,2 \pm 1,1^2$	$11,3 \pm 1,3^1$
НЧШ 150 дБ	6	$1,4 \pm 1,1$	$7,1 \pm 1,3^1$	$1,5 \pm 1,1$	$10,0 \pm 1,3^1$

Отличие от контроля статистически значимо: $^1p<0,0001$, $^2p=0,01$.

Таблица 2

Содержание низкомолекулярной ДНК в нг/мл, $M \pm m$ в плазме крови крыс после воздействия низкочастотного шума ($n=8$ в каждой группе)

Контроль	Воздействие НЧШ			
	Кратность	Время после воздействия, сут.	УЗД 120 дБ	УЗД 150 дБ
$11,0 \pm 5,4$	Однократно	1	$84,7 \pm 30,9^1$	$83,5 \pm 23,7^2$
$18,8 \pm 1,6$	Однократно	7	$90,3 \pm 18,8^3$	$40,4 \pm 6,3^{4,7}$
$17,7 \pm 1,7$	Многократно	1	$644,6 \pm 89,2^{5,8}$	$395,6 \pm 99,9^{6,9}$

Отличие от контроля статистически значимо: $^1p=0,0340$, $^2p=0,0099$, $^3p=0,002$, $^4p=0,005$, $^5p<0,0001$, $^6p=0,002$.

Отличие от группы с УЗД 120 дБ статистически значимо: $^7p=0,0247$.

Отличие от группы с однократным воздействием НЧШ статистически значимо $^8p<0,0001$, $^9p=0,0088$.

Влияние НЧШ на содержания нмДНК в плазме крови. Влияние НЧШ в разных режимах на содержание нмДНК в плазме крови у крыс представлено в табл. 2. Как однократное, так и многократное воздействие НЧШ существенно увеличивало содержание нмДНК в плазме крови у крыс. В первой контрольной группе содержание нмДНК в плазме крови составило $11,0 \pm 5,4$ нг/мл, тогда как после однократного воздействия НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ и взятии крови через 1 сутки содержание нмДНК статистически значимо увеличивалось соответственно в 7,7 и 7,6 раза. При взятии крови через 7 суток после воздействия НЧШ содержание нмДНК в плазме крови оставалось по-прежнему высоким. Во второй контрольной группе содержание нмДНК в плазме крови составило $18,8 \pm 1,6$ нг/мл, тогда как после однократного воздействия НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ и взятии крови через 7 суток содержание нмДНК было статистически значимо выше, соответственно в 4,8 и 2,1 раза, причем при воздействии НЧШ с УЗД 120 дБ содержание нмДНК было статистически значимо выше в 2,2 раза по сравнению с воздействием НЧШ с УЗД 150 дБ. Многократное воздействие НЧШ еще более существенно увеличивало содержание нмДНК в плазме крови. В третьей контрольной группе содержание нмДНК в плазме крови составило $17,7 \pm 1,7$ нг/мл, тогда как после многократного воздействия НЧШ с УЗД 120 и 150 дБ и взятии крови через 1 сутки содержание нмДНК статистически значимо увеличивалось соответственно в 36,4 и 22,4 раза, причем при воздействии НЧШ с УЗД 120 дБ содержание нмДНК было опять выше в 1,6 раза по сравнению с воздействием НЧШ с УЗД 150 дБ ($p > 0,05$).

Обсуждение. Впервые выявлено, что НЧШ обладает достаточно выраженным мутагенным эффектом. НЧШ с УЗД как 120, так и 150 дБ, по сравнению со спонтанным фоном более чем в 10 раз увеличивал общую частоту aberrаций хромосом в клетках костного мозга крыс и приводил к появлению дицентриков, которых не было в контроле. Существенное увеличение частоты хромосомных aberrаций говорит о способности НЧШ приводить к возникновению двунитевых разрывов ДНК клеток. Дицентрики — наиболее значимый тип хромосомных aberrаций, они часто образуются в результате хромосомных перестроек, происходящих в двух хромосомах одновременно, и способны убить клетку [7]. Ранее было установлено, что однократное ионизирующее облучение всего тела крыс в дозе 2 Гр по сравнению со спонтанным фоном также более чем в 10 раз увеличивает общую частоту хромосомных aberrаций и приводит к появлению дицентриков с частотой 2,1% в клетках костного мозга [18]. Следовательно, повреждающее действие НЧШ на хромосомы костного мозга сравнимо с повреждающим действием ионизирующей радиации. Известно, что отдаленным последствием ионизирующего облучения является повышение риска развития лейкозов и других злокачественных опухолей [10]. Можно пред-

положить, что НЧШ может обладать канцерогенным эффектом. Оценка возможного канцерогенного действия НЧШ в экспериментах на животных и эпидемиологические исследования отдаленных последствий воздействия НЧШ могли бы прояснить вопрос канцерогенной опасности НЧШ.

В настоящее время в клинической практике и в исследовательских целях активно применяют определение нуклеосомной ДНК, циркулирующей в плазме крови и других биологических жидкостях, как показатель клеточной гибели [4]. ДНК, выделяемая апоптотическими клетками, подвержена межнуклеосомной деградации на фрагменты 180 пар нуклеотидов (п.н.), которые демонстрируют лестничный эффект при электрофорезе. Такие фрагменты с длиной молекул 160–180 п.н. определяются как нмДНК, и уровень нмДНК в крови коррелирует с выраженностью процессов апоптоза в организме [3].

Впервые выявлено, что НЧШ увеличивает содержание нмДНК в плазме крови крыс и, следовательно, вызывает гибель клеток. При однократном акустическом воздействии НЧШ концентрация нмДНК в плазме крови существенно увеличивается. При многократном действии НЧШ уровень нмДНК в плазме крови продолжает увеличиваться. Обнаружено, что воздействие НЧШ приводит к устойчивому, не менее 7 суток, повышению уровня нмДНК в плазме крови у крыс. Известно, что нмДНК быстро выводится из организма [1]. Длительное сохранение повышенного содержания нмДНК в плазме крови говорит о непрекращающейся гибели клеток у крыс после воздействия НЧШ и слабых способностях организма восстанавливать клеточный гомеостаз после экспозиции к НЧШ.

Имеющиеся сведения позволяют высказать предположение о механизмах, лежащих в основе появления нмДНК в плазме крови крыс после воздействия НЧШ. Одной из главных мишеней вредных эффектов НЧШ считается респираторный тракт [8]. Ранее было выявлено, что острое воздействие НЧШ сопровождается структурными и клеточными нарушениями во внутренних органах крыс, особенно в легких, где появляются субплевральные кровоизлияния, участки ателектаза, полнокровие сосудов микроциркуляторного русла, увеличение дегрануляции тучных клеток и тромбоцитов, деструкция лейкоцитов [5–7]. Вероятно, гибель клеток легких и крови можно рассматривать в качестве основной причины, приводящей к повышению уровня нмДНК в плазме крови после воздействия НЧШ.

В исследовании использовали НЧШ в двух УЗД, 120 дБ и 150 дБ, и ожидали, что более высокий УЗД будет оказывать более выраженное повреждающее действие на хромосомы и клетки, однако значимой разницы в частоте хромосомных aberrаций между группами с разными УЗД не было, а уровень нмДНК в плазме крови после однократного и многократного воздействия НЧШ с УЗД 120 дБ был даже несколько ниже, чем после воздействия НЧШ с УЗД 150 дБ. Объ-

яснить полученные результаты трудно, необходимы дальнейшие исследования вредного действия НЧШ в разных УЗД.

Полученные данные говорят о том, что НЧШ не только вызывает вышеупомянутые функциональные расстройства организма, такие как стрессорное перенапряжение, нарушения сна, утомляемость, раздражительность, головная боль, головокружение, потливость, усталость, затруднение дыхания, тошнота [11,14,17], но и обладает мутагенным эффектом, увеличивая частоту хромосомных aberrаций, а также повреждает клетки и вызывает их гибель, что проявляется повышением уровня нмДНК в крови. Таким образом, НЧШ значительно более вредный фактор, чем представлялось до сих пор.

Выводы:

1. НЧШ после однократной экспозиции вызывает повышение частоты хромосомных aberrаций в клетках костного мозга и увеличивает содержание нмДНК в плазме крови у крыс. Высокий уровень нмДНК в плазме крови сохраняется не менее 7 суток после однократной экспозиции к НЧШ.

2. Многократное воздействие НЧШ по сравнению с однократным еще больше увеличивает содержание нмДНК в плазме крови. НЧШ обладает мутагенным действием и усиливает гибель клеток в организме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 8–18)

1. Васильева И.Н., Беспалов В.Г. // *Вопр. онкологии*. — 2013. — Т. 59(6). — С. 673–681.
2. Васильева И.Н., Вознюк И.А., Беспалов В.Г. // *Ж-л неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. — 2015. — Т. 9(2). — С. 50–53.
3. Васильева И.Н., Ивчик Т.В., Вознюк И.А. // *Молекулярная мед.* — 2011. — № 5. — С. 132–135.
4. Васильева И.Н., Подгорная О.И., Беспалов В.Г. // *Цитология*. — 2015. — Т. 57(2). — С. 87–94.
5. Зинкин В.Н., Ахмедзянов И.М., Орихан М.М. // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2013. — № 9. — С. 2–9.
6. Зинкин В.Н., Свидловый В.И., Ахмедзянов И.М. // *Профил. и клинич. мед.* — 2011. — Т. 3(40). — С. 280–283.
7. Пикалова Л.В., Легеца В.И., Горбунов В.А. // *Радиационная биология. Радиоэкология*. — 2013. — Т. 53 (5). — С. 500–505.

REFERENCES

1. Vasil'eva I.N., Bepalov V.G. // *Voprosy onkologii*. — 2013. — Vol. 59(6). — P. 673–681 (in Russian).
2. Vasil'eva I.N., Voznyuk I.A., Bepalov V.G. // *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. — 2015. — Vol. 9(2). — P. 50–53 (in Russian).

3. Vasil'eva I.N., Ivchik T.V., Voznyuk I.A. // *Molekulyarnaya med.* — 2011. — 5. — P. 132–135 (in Russian).
4. Vasil'eva I.N., Podgornaya O.I., Bepalov V.G. // *Tsitologiya*. — 2015. — 57(2). — P. 87–94 (in Russian).
5. Zinkin V.N., Akhmedzyanov I.M., Orikan M.M. // *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. — 2013. — 9. — P. 2–9 (in Russian).
6. Zinkin V.N., Svidlovyy V.I., Akhmedzyanov I.M. // *Profilakticheskaya i klinicheskaya med.* — 2011. — 3(40). — P. 280–283 (in Russian).
7. Pikalova L.V., Legeza V.I., Gorbunov V.A. // *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. — 2013. — 53(5). — P. 500–505 (in Russian).
8. Alves-Pereira M. // *Aviat. Space Environ. Med.* 1999. — Vol. 70(3 Pt.). — A7–21.
9. Antunes E., Oliveira P., Oliveira M.J. et al. // *Acta Cardiol.* — 2013. — Vol. 68. — P. 285–229.
10. Bepalov V.G., Semenov A.L., Aleksandrov V.A. et al. // *Int. J. Radiat. Biol.* — 2014. — Vol. 90(12). P. 1191–1200.
11. Harrison R.V. // *Int. J. Environ. Health Res.* — 2015. — Vol. 25(5). P. 463–468.
12. Leventhall H.G. // *Noise Health*. — 2004. — Vol. 6(23). P. 59–72.
13. Oliveira P., Brito J., Mendes J. et al. // *Acta Med. Port.* — 2013. — Vol. 26. P. 237–222.
14. Persson W. // *Noise Health*. — 2004. — Vol. 6(23). — P. 87–91.
15. Silva M.J., Dias A., Barreta A. et al. // *Teratog. Carcinog. Mutagen.* — 2002. — Vol. 22. — P. 195–123.
16. Schmidt J.H., Klokke M. // *PLoS One*. — 2014. — Vol. 9(12). — P. e114183.
17. Schust M. // *Noise Health*. — 2004. — Vol. 6(23). — P. 73–85.
18. Vasilyeva I., Bepalov V., Baranova A. // *Int. J. Radiat. Biol.* — 2015. — Vol. 91. — P. 872–877.

Поступила 22.03.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Васильева Ирина Николаевна (Vasil'eva I.N.),
ст. науч. сотр. науч. лаб. проф/ рака и онкофармакологии
ФГБУ «НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава
России, канд. биол. наук. E-mail: iravasilyeva@hotmail.com.

Беспалов Владимир Григорьевич (Bepalov V.G.),
рук. науч. лаб. проф. рака и онкофармакологии ФГБУ
«НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России,
д-р мед. наук. E-mail: bepalov_niio@mail.ru.

Зинкин Валерий Николаевич (Zinkin V.N.),
вед. науч. сотр. НИИИЦ (авиационно-космической мед. и
военной эргономики) 4 Центрального НИИ Минобороны
РФ, д-р мед. наук, проф. E-mail: zinkin-vn@yandex.ru.

УДК 616.28:613.693

М.Ф. Вильк¹, В.Д. Глуховский², Н.Н. Курьеров³, В.Б. Панкова¹, Л.В. Прокопенко³**СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЧЛЕНОВ ЛЕТНЫХ ЭКИПАЖЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**¹ФГУП «Всероссийский НИИ железнодорожной гигиены» Роспотребнадзора, ш. Пакгаузное, д. 1, Москва, Россия, 125438²ФГУП «Государственный НИИ гражданской авиации» (ЛИЦ) Минтранса России, ул. Михалковская, д. 67, корп. 1, Москва, Россия, 125438³ФГБНУ ФГБНУ «НИИ медицины труда», пр-т Буденного, д. 31, Москва, Россия, 105275

В статье охарактеризованы производственные факторы, в том числе акустические, формирующие условия труда членов летных экипажей воздушных судов гражданской авиации. Представлены методические основы оценки параметров внутрикабинного авиационного шума с учетом дополнительной нагрузки от авиагарнитур.

Для разработки научно обоснованной методики расчета акустической нагрузки на членов летных экипажей в кабинах воздушных судов гражданской авиации (ВС ГА) проведены измерения параметров внутрикабинного шума эксплуатируемых в настоящее время ВС России и шумозащитные свойства отечественных и импортных авиагарнитур.

Предложены нормируемые величины: эквивалентный уровень звука A за месяц ($L_{A,eq,m}$); за год ($L_{A,eq,y}$); в качестве справочных величин предложены: эквивалентный уровень звука A ($L_{A,eq,g}$), за произвольный период летного стажа ($L_{A,eq,T}$); коэффициент летной загрузки. Определены принципы их расчета.

Методика предназначена в качестве приложения к санитарным нормам и правилам 2.5.1.2423–08, определяющим гигиенические требования к условиям труда и отдыха лиц летного состава гражданской авиации.

Ключевые слова: воздушные суда, внутрикабинный авиационный шум, авиагарнитура, акустическая нагрузка.

M.F. Vil'k¹, V.D. Glukhovskiy², N.N. Kur'evov³, V.B. Pankova¹, L.V. Prokopenko³. **Contemporary methodic approach to evaluation of acoustic load on civil aircraft crew members**

¹FGUP of Federal State Unitary Enterprise All-Russian Research Institute of Railway Hygiene of Rospotrebnadzor, Pakgauznoye Highway, 1, Moscow, Russia, 125438

²FGUP «State Civil Aviation Research Institute» Ministry of Transport of the Russian Federation, Mikhalkovskaya Str., 67, building 1, Moscow, Russia, 125438

³FSBSI «Research Institute of Occupational Health», 31, Budennogo Prosp., Moscow, Russia, 105275

The article characterizes occupational factors including acoustic ones that influence work conditions of civil aircraft crew members, presents methodic basis to evaluate parameters of aviation noise inside cabin, with consideration of additional load from aviaheadsets.

To specify scientifically based method for calculating acoustic load on civil aircraft crew members in cabins, the authors measured noise parameters inside cabins of aircrafts used at present in Russia, and noise-proof properties of domestic and foreign aviaheadsets.

Normalized values suggested: equivalent level of A sound over a month ($L_{A,eq,m}$), over a year ($L_{A,eq,y}$); suggestions for reference values: equivalent level of A sound ($L_{A,eq,g}$), over an arbitrary period of piloting length ($L_{A,eq,T}$); coefficient of piloting load. Principles of these calculations are determined.

The method is designed as an addition to sanitary rules and regulations 2.5.1.2423–08, determining hygienic requirements to work and rest conditions for civil aircraft pilots.

Key words: aircrafts, aviation noise inside cabin, aviaheadset, acoustic load.

Актуальность. Гражданская авиация (ГА) является одним из основных видов транспорта в России, а профессиональная деятельность членов летных экипажей воздушных судов (ВС) ГА, характеризуется воздействием комплекса производственных факторов риска, приводящих к снижению профессиональной работоспособности, развитию соматических и профессиональных заболеваний. К таким факторам относятся шум и вибрация, низкая относительная влажность воздуха, ионизирующее радиационное природное и неионизирующее — электромагнитное

излучение радиочастотного диапазона, напряженность труда, колебания барометрического давления при разных режимах полета, воздействие ускорений. Шумовой фактор является неустраняемым, в связи с чем, ГА относится к типичному «шумоопасному» виду транспорта, общие требования к регламентам шума которого, определяются действующими гигиеническими нормативами [1,9,10].

Как известно, основными источниками шума в полете являются силовые установки, трансмиссии, винт или реактивная струя, аэродинамические эффекты

воздушной струи, оборудование кондиционирования и системы надува, гидравлические системы и устройства связи.

Характеристика шума в кабине зависит от этапа полета (руление, взлет, набор высоты, крейсерский полет, снижение, посадка), и конструктивных особенностей различных типов ВС [3]. Акустическая нагрузка, воздействующая на членов летных экипажей ВС ГА, определяется наличием внутрикабинного шума, и звуковым давлением, возникающим в авиагарнитуре (АГ) при речевом радиообмене.

Авиационный шум, превышающий ПДУ, является причиной развития профессиональной тугоухости у членов летных экипажей ВС ГА, показатели которой значительно превышают аналогичные среди работников других «шумовых» профессий [2,8]. Одним из основополагающих аспектов профилактики негативного действия шума с целью снижения риска нарушений звуковосприятия является мониторинг шумовой нагрузки.

В настоящее время условия труда летных экипажей ВС ГА, в том числе и по акустическому фактору, регламентируются санитарными нормами и правилами СанПин 2.5.1.2423–08 «Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации» [1,5]. В качестве методического обеспечения оценки вредного действия шума были разработаны и утверждены Роспотребнадзором методические указания:

— МУК 4.3.2230–07 «Методика определения уровня акустической нагрузки на членов экипажей воздушных судов с учетом шума под авиагарнитурами» [4];

— МУК 4.3.2499–09 «Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации». Изменения и дополнения № 1 к МУК 4.3.2231–07 «Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации» [7].

Следует отметить, что в этих документах содержатся конкретные показатели, как внутрикабинного шума, так и шума от авиагарнитур, которые касаются лишь отечественных воздушных судов.

На определенном этапе указанные документы отвечали требованиям времени. Однако с внедрением новой авиационной техники, в том числе зарубежной, новых стандартов на измерение шума на рабочих местах и подходов к оценке вредных факторов условий труда стало необходимым проведение определенной работы по совершенствованию вышеперечисленных документов, расширению и уточнению приведенной в них справочной информации.

Предполагается, что усовершенствованная методика оценки акустической нагрузки на членов летных экипажей ВС ГА должна стать составной частью но-

вой редакции СанПиН 2.5.1.2423–08 в плане оценки внутрикабинного шума, что повысит ее юридический статус.

В России 28.12.2013 г. был принят Федеральный закон №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (СОУТ), для выполнения требований которого издан приказ Минтруда России «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда...» [6]. Последующим Постановлением Правительства РФ от 14.04.2014 г. № 290 утвержден «Перечень рабочих мест в организациях, осуществляющих определенные виды деятельности, в отношении которых специальная оценка условий труда проводится с учетом устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти особенностей», для которых следует разработать особые методические приемы СОУТ.¹

В настоящее время специалистами Минтруда и Минтранса России, Роспотребнадзора с участием профсоюзов работников ГА проводится большая работа по разработке и согласованию методических особенностей СОУТ на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей ВС ГА.

В соответствии с сопроводительной документацией заводов-производителей, уровни шума, регистрируемые в кабинах зарубежных ВС, не превышают предельно допустимые в нашей стране гигиенические нормативы. Поскольку парк ВС ГА в настоящее время более чем на 80,0% состоит из зарубежной техники, в том числе, из ранее эксплуатируемых ВС иностранного производства, нельзя не принимать во внимание, что при сертификации, для допуска к работе в России не проводится исследование каких-либо факторов производственной среды, в частности, параметров внутрикабинного шума, поэтому отсутствует достоверная база данных по этому показателю, что препятствует объективной оценке условий труда лиц летных профессий.

Кроме того, отсутствует полноценная информация о шумозащитных и шумоиндуцирующих свойствах используемых как отечественных, так и импортных авиагарнитур, применяемых различными авиакомпаниями, что не позволяет объективно оценивать их вклад в формирование шумовой нагрузки на членов летных экипажей ВС.

Цель исследования — разработать и обосновать изменения и дополнения в существующую методику оценки акустической нагрузки на членов летных экипажей воздушных судов ГА, которая будет являться составной частью новой редакции СанПиН «Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации».

¹ Постановление Правительства РФ от 14.04.2014 г. № 290 «Перечень рабочих мест в организациях, осуществляющих определенные виды деятельности, в отношении которых специальная оценка условий труда проводится с учетом устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти особенностей». Москва, 2014.

По действующей в настоящее время методике единственным параметром оценки вредного действия шума на членов летных экипажей ВС ГА является измеренный или рассчитанный эквивалентный уровень звука (дБА) с учетом шума под авиагарнитурами за каждый календарный месяц летной работы.

Использование этого параметра, который представляется в виде протоколов расчета на нескольких страницах, довольно трудоемко, поскольку число оцениваемых величин при большом летном стаже (30–40 лет) составляет 360–480. Это затрудняет анализ шумовой нагрузки и зачастую приводит к неоднозначным ее трактовкам врачами-профпатологами при экспертизе связи заболевания — хронической сенсоневральной тугоухости с профессией.

Для снижения трудоемкости расчетов авторами предлагается дополнить оцениваемые параметры величинами эквивалентного уровня звука (дБА).

Нормируемыми, обязательными параметрами акустической нагрузки являются:

— эквивалентный уровень звука A за месяц ($L_{A,eq,m}$, дБ);

— эквивалентный уровень звука A за год ($L_{A,eq,y}$, дБ).

Кроме того, в Методику введены вспомогательные (справочные) параметры:

— эквивалентный уровень звука A ($L_{A,eq,T}$, дБ) за произвольно выбранный период летной работы (стаж летной работы, стаж работы на типе ВС, в авиакомпании и др.);

— коэффициент полетной нагрузки (K_{pw}) за оцениваемый период летной работы.

Вспомогательные (справочные) параметры могут использоваться:

— специалистами профпатологами для углубленного анализа эквивалентного уровня звука A за произвольный период летного стажа при прогнозировании риска возникновения профзаболевания, вклада оцениваемого периода стажа (летной работы) в прогнозировании потерь слуха (например, по стандарту ИСО 1999)², а также при определении степени ответственности конкретной авиакомпании в возникновении слуховых нарушений;

— специалистами службы охраны труда при расчете коэффициента полетной нагрузки за оцениваемый период летного стажа для определения и косвенной оценки наличия/отсутствия режима «защиты временем» в этом периоде.

Материал и методы. Эквивалентный уровень звука A за месяц с учетом акустической эффективности

АГ и дополнительной акустической нагрузки, возникающей при прослушивании эфира и речевом радиообмене является базовой нормируемой величиной, связанной с типом ВС, типом применяемой АГ и продолжительностью полетного времени за месяц, фиксированного в летной книжке члена экипажа.

Принцип определения этой величины по новой методике несколько отличается от применявшегося ранее. Было решено отказаться от введения поправочного коэффициента L_K , применявшегося в случае превышения норм полетного времени. Кроме того, при расчетном способе определения дополнительной акустической нагрузки, возникающей при прослушивании эфира и речевом радиообмене, предложено применить дифференцированную шкалу этой величины, зависящей от уровня внутрикабинного шума.

Учитывая изменившуюся структуру парка ВС ГА, появление значительного количества ВС, имеющих уровни шума в кабине экипажа не превышающие 78–80 дБА, применение современных систем передачи речевого сигнала с использованием различных методов подавления шумов в передающем, а также принимающем тракте авиационного оборудования для связи и внедрение систем цифровой передачи информации, позволяют изменить применявшийся в МУК 4.3.2231–07 принцип учета дополнительной акустической нагрузки в виде добавления 12 дБ к уровню шума в кабине экипажа с учетом шумозаглушающих свойств применяемой АГ, и перейти к дифференцированному учету в зависимости от уровня шума в кабине экипажа (табл. 1). Сохранение уровня дополнительной акустической нагрузки на уровне 12 дБ связано с тем, что в настоящее время в эксплуатации остаются ВС с достаточно высоким уровнем внутрикабинного шума, использующие устаревшее оборудование связи.

Таблица 1
Зависимость дополнительной акустической нагрузки от уровня внутрикабинного шума

Уровень внутрикабинного шума с частотной коррекцией A , дБ	Дополнительная акустическая нагрузка, дБ
$L_A \leq 74$	6
$74 < L_A \leq 78$	9
$L_A > 78$	12

Эквивалентный уровень звука A за год — усредненная нормируемая величина, рассчитанная за каждый год летной работы с учетом перерывов.

Дополнительные материалы параметров внутрикабинного шума ВС, эксплуатируемых в настоящее время в ГА России, получены по представленным авиапредприятиями результатам измерений, проведенных в рамках СОУТ рабочих мест членов экипажей ВС, исследований выполненных при проведении специальных полетов (в том числе при испытаниях новой

² ГОСТ Р ИСО 9612–2013 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах».

ГОСТ 12.1.003–2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»

ГОСТ 17187–2010 (IEC 61672–1:2002) Шумомеры. Ч. 1. Технические требования.

Таблица 2

Справочные данные и результаты расчетов по МУК 4.3.2231–07 и МУК 4.3.2499–09 и по проекту новой методики

Тип ВС	Уровень звука А в кабине ВС, дБА	Эффективность авиагарнитур, дБА	Годовой налет, ч	Дополнительная расчетная акустическая нагрузка, дБА	Учет сверхнормативного полетного времени, дБА	Годовая экспозиция шума, дБА
Данные и результаты расчетов по МУК 4.3.2231–07 и МУК 4.3.2499–09						
Боинг–767	77*	– 0,7	794	12	0,1	84,1
Боинг–747	71*	–0,7	513	12	–	75,7
Боинг–737	74,5*	–0,4	597	12	–	79,7
А–310	77*	–0,7	403	12	–	81,3
Ил–62	89	–4,22	338	12	–	88,9
ТУ–134	89	–10,02	566	12	–	84,4
ЯК–42	83	–6,02	543	12	–	82,2
АН–24	92	0,85	610	12	–	99,2
АН–24	92	–10,02	518	12	–	88,4
АН–2	102	0,85	740	12	0,2	109,6
МИ–8	89	–10,02	302	12	–	82,5
Данные и результаты расчетов по проекту новой методики						
Боинг–767	72,5	–0,7	794	6	–	74,9
Боинг–747	73,5	–0,7	513	6	–	73,4
Боинг–737	74,5	–0,4	597	9	–	77,2
А–310	76	–0,7	403	9	–	77,8
Ил–62	89	–12,74	338	12	–	79,8
ТУ–134	89	–12,74	566	12	–	81,7
ЯК–42	83	–12,74	543	12	–	75,5
АН–24	92	0,85	610	12	–	99,2
АН–24	92	–12,74	518	12	–	85,7
АН–2	102	0,85	740	12	–	109,4
МИ–8	89	–12,74	302	12	–	79,7

* — данные из расчетов авиакомпаний, справочные данные в МУК 4.3.2231–07 отсутствуют.

авиационной техники), на основании анализа сведений содержащихся в сопроводительной документации к ВС и материалов предоставленных разработчиками ВС (в том числе и зарубежными).

Совместно с Ростестом были проведены исследования по измерению акустической эффективности практически полного спектра отечественных и импортных АГ (шумозаглушающие свойства по уровню звука с частотной коррекцией А). Измерения проводились в соответствии с действующими нормативными документами³.

В табл. 2 для сравнения приведены справочные данные и результаты расчетов годовой экспозиции пилотов гражданской авиации при полетах на различных типах отечественных и зарубежных воздушных судов.

По результатам сравнения видно, что оценка по новым правилам практически не изменяется при полетах на очень шумных самолетах (на примере воздушных судов АН–2 и АН–24 с использованием пилотами АГ–2), при полетах на воздушных судах средней шумности и применении более эффективных авиагарнитур (АН–24, Ту–134, ЯК–42 Ил–62, МИ–8) и при полетах на малошумных самолетах зарубежного производства оценка понижается на 2–9 дБА.

Результаты работы явились основой совершенствования методики «Оценка акустической нагрузки на членов летных экипажей в кабинах воздушных судов гражданской авиации», предназначенной для организаций Роспотребнадзора при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда с учетом особенностей профессиональной деятельности членов летных экипажей ВС ГА, а также для организаций гражданской авиации РФ при расчете эквивалентного уровня шума в полете с учетом акустической эффективности АГ и дополнительной акустической

³ ГОСТ Р ИСО 9921–2013 «Эргономика. Оценка речевой связи».

ГОСТ EN 13819–2–2014 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Акустические методы испытаний»

нагрузки, возникающей при прослушивании эфира и речевом радиообмене, за анализируемый период летной работы.

В результате работы определены требования к методу расчета нормативных и вспомогательных величин, а также формы представления результатов расчета.

Выводы:

1. Дополнены и уточнены таблицы справочных уровней внутрикабинного шума для различных типов ВС, как отечественных, так и зарубежных. Уточнены типы АГ с привязкой к ВС и времени их применения, их акустическая эффективность в качестве шумозащитных средств, в том числе по спектральной характеристике.

2. Отмечено, что при наличии в авиакомпании фактических данных как по внутрикабинному шуму, так и по дополнительной акустической нагрузке, выполненных на принадлежащих компании ВС в условиях реальных полетов в соответствии с требованиями действующих стандартов на методы измерения этих величин, то эти данные должны быть использованы для определения нормируемых величин.

3. При сравнении справочных данных и результатов расчетов годовой экспозиции шума, действующей на пилотов различных типов воздушных судов (по МУК 4.3.2499–09 и МУК 4.3.2231–07), с данными оценки шумовой экспозиции по новым правилам, не выявлено существенных различий в показателях, за исключением заниженной оценки (на 2–9 дБА) при полетах на малошумных самолетах зарубежного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации». Санитарные нормы и правила 2.5.1.2423–08.
2. Информационный сборник статистических и аналитических материалов «О состоянии профессиональной заболеваемости в РФ в 2012 г.».— М.: ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, 2014.— 60 с.
3. Колесникова Е.В. Авиационная гигиена и токсикология. В кн. Руководство по авиационной медицине / под ред. д-р мед. наук, проф. Н.А. Разсолова. — М.: Экон-Информ, 2006.— 589 с.
4. Методика определения уровня акустической нагрузки на членов экипажей воздушных судов с учетом шума под авиагарнитурами. МУК Роспотребнадзора 4.3.2230–07.
5. Об утверждении положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха членов экипажа воздушных судов гражданской авиации РФ. Приказ Минтранса РФ от 21.11.2005 г. № 139.
6. Об утверждении методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 года №33н.

7. Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации с изменениями и дополнениями 4.3.2499–09. Изменения и дополнения к МУК 4.3.2231–07 «Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации».

8. Панкова В.Б., Бушманов А.Ю. Проблема тугоухости у лиц летных профессий гражданской авиации // Вестник оториноларингологии. — 2014. — №6. — С. 27–30.

9. Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа в зависимости от его интенсивности и экспозиции. ГОСТ 20296–2014.

10. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562–96.

REFERENCES

1. Hygienic requirements for work and rest conditions of civil aviation pilots. Sanitary rules and regulations 2.5.1.2423–08 (in Russian).
2. Informational collection of statistic and analytic materials «On state of occupational morbidity in Russian Federation in 2012» FBUZ «Federal'nyy tsentr gigeny i epidemiologii» Rosпотребнадзора, 2014 (in Russian).
3. Kolesnikova E.V. Aviation hygiene and toxicology. In: Prof N.A. Razsolov, ed. Manual in aviation medicine.— Moscow: Ekon-Inform, 2006.— 589 p. (in Russian).
4. Method assessing acoustic load on aircraft crew members, with consideration of noise level under aviaheadsets. MUK Rosпотребнадзора RF 4.3.2230–07 (in Russian).
5. On approval of schedule for work and rest time of civil aircraft crew members in Russian Federation. Order of RF Transport Ministry on 21/11/2005 N 139 (in Russian).
6. On approval of special method assessing work conditions, classifying hazardous and (or) dangerous occupational factors, report forms in special evaluation of work conditions and the form filling instructions. Order of RF Labor Ministry on 24/01/2014 N 33n (in Russian).
7. Evaluation of acoustic load in cabins of aircraft crew, in sanitary and hygienic characteristics of work conditions for civil aviation pilots with changes and additions 4.3.2499–09. Changes and additions to MUK 4.3.2231–07 «Evaluation of acoustic load in aircraft crew cabins for sanitary hygienic characteristics of work conditions of civil aviation pilots». (in Russian).
8. Pankova V.B., Bushmanov A.Yu. Deafness problem in civil aviation pilots // Vestnik otorinolaringologii.— 2014.— 6.— P. 27–30 (in Russian).
9. Aircrafts and helicopters of civil aviation. Allowable noise levels in saloons and cabins of crew, in dependence on its intensity and exposure. GOST 296–2014.
10. Noise at workplaces, in living chambers, public buildings and on territory of apartment blocks. Sanitary norms SN 2.2.4/2.1.8.562–96 (in Russian).

Поступила 22.06.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Вильк Михаил Франкович (Vil'k M.F.),

дир. ФГУП «ВНИИ жел.дор. гигиены» Роспотребнадзора,
д-р мед. наук, проф. E-mail: info@vniiig.ru.

Глуховский Владимир Дмитриевич (Glukhovskiy V.D.),

ст. науч. сотр. отдела мед. жизнеобеспечения авиационных
экипажей ГосНИИ ГА, канд. мед. наук. E-mail: dok.tor@
inbox.ru.

Курьеров Николай Николаевич (Kur'evov N.N.),

вед. науч. сотр. лаб. физ. факторов ФГБНУ «НИИ меди-
цины труда», канд. биол. наук. E-mail: courierov@mail.ru.

Панкова Вера Борисовна (Pankova V.B.),

зав. отд. клинич. иссл. и профпат. ФГУП «ВНИИ жел.дор.
гигиены», д-р мед. наук, проф. E-mail: pankova@vniiig.ru.

Прокопенко Людмила Викторовна (Prokopenko L.V.),

зам. дир. по научной работе, зав. лаб. по физ. факторам
ФГБНУ «НИИ медицины труда», д-р мед. наук, проф.
E-mail: Prokopenko@niimt.ru.

УДК 613.644:612.842.5

М. Ходжиев, О.И. Юшкова, Э.Ф. Шардакова, А.В. Капустина

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ТРУДОВЫХ МИГРАНТОВ ИЗ РЕСПУБЛИК СРЕДНЕЙ АЗИИ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

ФГБНУ «НИИ медицины труда», пр-т Буденного, д. 31, Москва, Россия, 105275

Представлены результаты физиологических исследований девяти профессиональных групп мигрантов, прибывших из южных Республик Средней Азии в Московский регион РФ. Выявлены особенности регуляции вариабельности сердечного ритма у мигрантов в зависимости от величины мышечных нагрузок и нервно-эмоционального характера трудовой деятельности. Оптимизация процессов адаптации должна идти по пути организации рационального режима труда и отдыха, формирования здорового образа жизни, улучшения медицинского обслуживания мигрантов.

Ключевые слова: мигранты, физические мышечные нагрузки, нервно-эмоциональный характер труда, адаптация, вариабельность сердечного ритма, здоровый образ жизни.

M. Khodzhiev, O.I. Yushkova, E.F. Shardakova, A.V. Kapustina.

Physiologic features of adaptation in Middle Asia migrants working on Moscow region territory

FSBSI «Research Institute of Occupational Health», 31, Budennogo Pr-t, Moscow, Russia, 105275

The article presents results of physiologic studies of nine occupational groups of migrants from south republics of Middle Asia to Moscow region of Russian Federation. The authors revealed features of cardiac rhythm regulation variability in the migrants in accordance with physical exertion value and psychoemotional characters of work. Optimization of the adaptation processes should get along with organization of rational work and rest schedule, healthy lifestyle formation, better medical service to the migrants.

Key words: migrants, physical exertion, psychoemotional character of work, adaptation, variability of cardiac rhythm, healthy lifestyle.

Актуальность. В период социально-экономических преобразований в стране, постперестроечного развития рыночной экономики России, необходимо привлечение дополнительной рабочей силы для обеспечения динамичной работы во всех отраслях производственной сферы России. Трудовые мигранты заняты на неквалифицированной работе, связанной с сочетанным воздействием на организм работника физической тяжести и нервно-эмоциональной напряженности труда. Это работники, преимущественно работающие на строительстве и ремонте дорожной сети, работники продовольственного склада и рынка, занятые в сфере социального обслуживания (по уходу за ребенком, престарелыми людьми, инвалидами).

Ведущую роль в строительстве зданий монолитным способом занимает профессия арматурщика, при сборном домостроении — монтажника. В настоящее время значительное место при строительстве новых станций метрополитена занимает щитовой способ проходки, при котором основную работу выполняют проходчики-метростроевцы.

Формирование новой популяции людей в Москве и Московской области осуществляется главным образом за счет населения Средней Азии (Республики Таджикистан), находящихся в сложных климатогеографических, производственных, жилищно-бытовых, психоэмоциональных условиях. Механизмы приспособления организма человека к новым социально-психологиче-

ским, производственным условиям и особенностям трудового процесса данного региона остаются недостаточно изученными [3,5,6]. В то же время известно, что высокий уровень физических нагрузок, сочетающийся с высоким эмоциональным напряжением, часто приводит к перенапряжению физиологических систем, снижению уровня функционального состояния организма в целом [1,2]. В некоторых случаях это обуславливает развитие нарушений здоровья, возникновение профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний. В связи с этим является актуальным изучение физиологических механизмов адаптации лиц, прибывших из южных регионов к комплексному воздействию различных факторов трудового процесса, новым социально-психологическим условиям.

Цель исследования: изучение физиологических особенностей формирования степени адаптации трудовых мигрантов к сочетанному воздействию физической тяжести и нервно-эмоциональной напряженности труда, разработка мер по физиолого-гигиенической оптимизации труда.

Материал и методы. Исследования проводились в производственных условиях на 9 профессиональных группах трудовых мигрантов: строители-арматурщики, строители-монтажники, метростроевцы-проходчики (строители метро при щитовом способе проходки), работники дорожной сети, рабочие плодоовощного склада, работники плодоовощного рынка, работники занятые в социальной сфере (домработницы, сиделки, няни). Обследовано 207 трудовых мигрантов в возрасте 20–39 лет ($29,5 \pm 1,2$) со стажем работы от 1 до 3 и более лет.

Исследования включали профессиографический анализ трудовой деятельности с учетом степени тяжести (ТТ) и напряженности трудового процесса (НТ) в соответствии с Руководством Р 2.2.2006–05 [9], а также согласно методике бальной оценки (патент на изобретение №2546089 от 27.02.2015г.) каждого вида нагрузок (физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза, стереотипные рабочие движения, статическая нагрузка и др.; интеллектуальная, сенсорная, эмоциональная нагрузка и др.). Физиологические исследования были проведены по общепринятым методам. [4,7,8]. Полученные результаты исследований оценивались в соответствии с методическими рекомендациями по физиологическим нормам напряжения организма человека [10] и методическими рекомендациями Р.М. Баевского по анализу вариабельности сердечного ритма [4]. Для проведения физиологических исследований подбирались практически здоровые лица по данным предварительных медицинских осмотров Центра миграционной службы по Москве и Московской области. Оценка социально-бытовых условий проводилась с использованием анкеты ВОЗ, адаптированной к задачам настоящей работы. Полученные данные обрабатывались с применением пакета программ «Statistika».

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных гигиенических исследований на рабочих местах изучаемых профессиональных групп было показано, что содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны у строителей не превышало установленных нормативов (2-й допустимый класс условий труда). В то же время эквивалентные уровни шума на рабочих местах арматурщиков и строителей Мосметростроя превышали установленные нормативы в 1,5–2 раза.

На основании изучения характера профессиональной деятельности работников физического и нервно-эмоционального труда (с учетом Р 2.2.2006–05) были сформированы профессиональные группы в зависимости от степени вредности по показателям ТТ и НТ. При этом были отнесены к 3-му классу 1-й степени — работники плодоовощного рынка, к 3-му классу 2-й степени — строители-монтажники, работники дорожной сети, домработницы, сиделки, няни; к 3-му классу 3-й степени — строители-арматурщики, метростроевцы, работники плодоовощного склада.

Проведенная на основе производственных исследований профессиографическая характеристика труда строителей позволила отнести характер физических нагрузок к региональным и общим, оценить тяжесть труда арматурщиков и работников Мосметростроя при щитовом способе проходки к классу условий труда 3.3. Основными неблагоприятными факторами труда для арматурщиков являются длительное (более 80%) нахождение в позе стоя с периодическим пребыванием (до 50%) в неудобных рабочих позах, что соответствует вредному классу 3.2. Количество глубоких наклонов (более 300) превышает допустимые величины и соответствует классу 3.2, уровень статической нагрузки оценивается по классу 3.1. Итоговая оценка физической тяжести труда арматурщиков соответствует вредному классу 3.3. Профессиографический анализ деятельности позволил отнести труд мигрантов, работающих в крупных строительных организациях (монтажники) и Мосметрострое к 3-му классу 3-й степени по показателям НТ. Это связано с выраженными эмоциональными нагрузками поскольку труд строителей относится к травмоопасным видам деятельности с высокой степенью риска для собственной жизни, особенно при работе на высоте (монтажники). и неблагоприятным режимом работы (длительный рабочий день, сменная работа). Степень ответственности за безопасность других лиц обусловлена работой в бригаде и необходимостью скоординированных действий отдельных членов бригады, в ряде случаев имеющих низкий уровень профессионализма. На последующих местах (в порядке убывания класса напряженности труда) находятся монтажники, рабочие дорожной сети, домработницы, сиделки, няни, работники плодоовощного рынка.

Для оценки функционального состояния организма мигрантов использован комплекс физиологических методов, позволяющий оценить состояние основных систем организма, в частности, нервно-мышечной

(табл. 1). В динамике смены отмечается снижение динамометрических показателей, особенно отчетливо проявляющееся у арматурщиков (класс ТТ 3.3).

Исследование функционального состояния нервно-мышечного аппарата (НМА) рук трудовых женщин-мигранток в динамике рабочего дня показало, что максимальная сила правой работающей руки имела тенденцию к снижению в конце смены по сравнению с началом. Выносливость к статическому усилию достоверно снижалась к концу рабочего дня по сравнению с до рабочим уровнем на 29,3% у домработниц и сиделок и на 28,2% у женщин, работающих нянями ($p \leq 0,05$). Статистически значимое снижение максимальной мышечной работоспособности отмечалось уже через 4 часа работы, а к концу рабочего дня это снижение составило, соответственно: 34,0; 28,9; 31,0% исходной величины. Выраженное статическое напряжение мышц поясничной области, обусловленное выполнением рабочих операций в неудобной позе женщинами, занятыми в социальной сфере, которая характеризовалась углом наклона на 45° от вертикали, получило отражение в отрицательной динамике показателей становой динамометрии. У мигранток-домработниц максимальная работоспособность становых мышц снижалась к концу работы на 49,7%, сиделок — на 34,5%; нянь на 32,7% исходного уровня. Первые признаки напряжения появляются уже через 4 часа после начала работы. К концу рабочего дня напряжение нервно-мышечного аппарата имеет выраженный характер, что позволяет охарактеризовать его как пе-

ренапряжение. Результаты проведенных исследований позволили установить зависимость между степенью тяжести и напряженности труда и характером изменений артериального давления и частоты сердечных сокращений. Оценки индекса функциональных изменений (ИФИ) и его средние данные за смену свидетельствовали о том, что в группах мигрантов с более выраженным уровнем производственной нагрузки (класс тяжести труда 3.3–3.2) отмечаются и большие величины ИФИ.

Исследованиями показано, что при выполнении разного рода физической или нервно-эмоциональной работы, особенно в непривычных условиях для организма человека, повышается экскреция желез внутренней секреции, (в частности коры надпочечников) и увеличивается выделение адреналина и норадреналина, которые приводят к изменению сердечного ритма [2,4]. Результаты проведенных исследований variability сердечного ритма (ВСР) выявили достоверные различия показателей стресс-индекса — SI (индекса напряжения) у работников различных профессиональных групп в зависимости от класса тяжести трудового процесса. Как видно из рисунка, отмечалось возрастание его значений от $201,0 \pm 14,9$ усл.ед. при классе 3.1 (работники плодоовощного рынка) до $511,4 \pm 13,6$ (строители-арматурщики) и $611,9 \pm 25,7$ усл.ед. (метростроевцы-проходчики) при классе 3.3. По-видимому, наблюдалось увеличение активности центральных механизмов регуляции при подавлении автономного контура у работников с классом тяже-

Таблица 1

Изменение показателей динамометрии у лиц изучаемых профессиональных групп в динамике смены, ($M \pm m$)

Показатель	Профессиональная группа			
	Арматурщики		Монтажники	
	начало смены	конец смены	начало смены	конец смены
Ручная динамометрия				
Сила, кг	$32,7 \pm 1,34$	$31,2 \pm 1,98$	$42,4 \pm 1,42$	$39,8 \pm 2,12$
% снижения	—	4,6	—	6,2
p	—	$< 0,02$	—	$< 0,05$
Выносливость, с	$14,4 \pm 2,18$	$10,3 \pm 1,98$	$18,9 \pm 1,96$	$15,8 \pm 2,3$
% снижения	—	28,5	—	14,5
p	—	$< 0,05$	—	$< 0,05$
ММР, кгс.с	$470,88 \pm 28,4$	$321,3 \pm 29,8$	$801,4 \pm 19,8$	$628,8 \pm 28,2$
% снижения	—	31,8	—	21,6
p	—	$< 0,05$	—	$< 0,05$
Становая динамометрия				
Сила, кг	$98,4 \pm 1,67$	$82,8 \pm 1,98$	$89,8 \pm 2,12$	$81,6 \pm 2,18$
% снижения	—	15,9	—	9,2
p	—	$< 0,05$	—	$< 0,05$
Выносливость, с	$14,9 \pm 2,18$	$11,1 \pm 1,68$	$13,8 \pm 1,46$	$10,8 \pm 1,96$
% снижения	—	25,6	—	21,8
p	—	$< 0,05$	—	$< 0,05$
ММР, кгс.с	$1466,2 \pm 22,4$	$919,0 \pm 29,8$	$1239,2 \pm 31,8$	$881,3 \pm 28,2$
% снижения	—	37,9	—	28,9
p	—	$< 0,05$	—	$< 0,05$

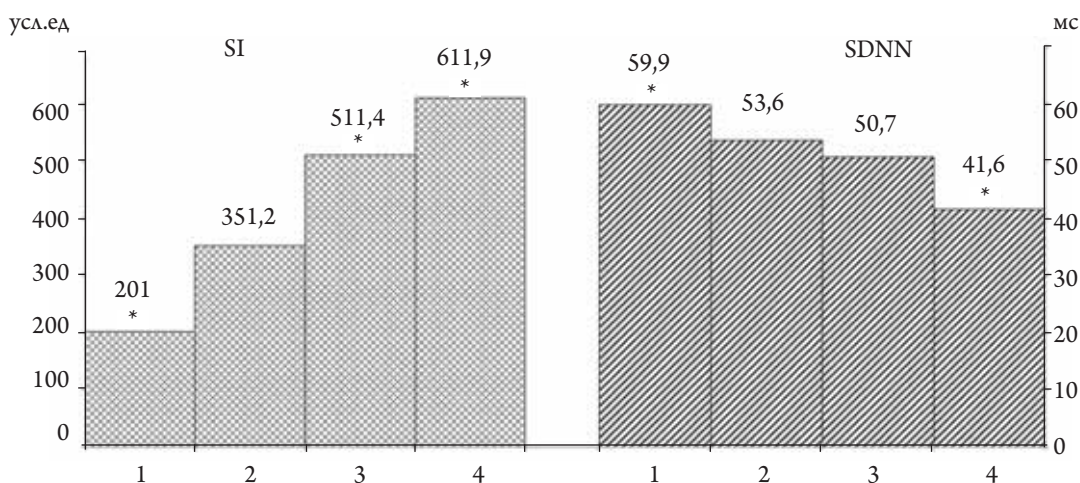


Рисунок. Показатели стресс-индекса (SI) и суммарной вариабельности сердечного ритма (SDNN) у трудовых мигрантов различных профессиональных групп в зависимости от класса тяжести труда: 1 — работники плодовоовощного рынка (класс 3.1); 2 — работники дорожной сети (класс 3.2); 3 — строители-арматурщики (класс 3.3); 4 — метростроевцы-проходчики (класс 3.3); * — различия статистически достоверны по сравнению с 1-й группой, $p \leq 0,05$.

сти труда 3.3, что указывает на напряжение физиологических резервов организма. Подтверждением этого явилось значимое уменьшение суммарной вариабельности кардиоинтервалов SDNN у проходчиков Метростроя $41,6 \pm 2,01$ мс, тяжесть труда которых соответствовала 3 классу 3 степени вредности. У работников рынка (класс ТТ 3.1) показатель составил $59,87 \pm 1,55$ мс. С точки зрения теории Р. М. Баевского полученные материалы свидетельствуют о снижении активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. При анализе результатов исследований у работников с различным уровнем физических нагрузок достаточно информативным оказался индекс централизации — IC. Полученные результаты согласуются с изменениями показателя автокорреляционной функции — ССО и свидетельствуют о повышении центральных механизмов в регуляции сердечного ритма при высокой степени тяжести труда. Анализ частотных характеристик ВСП выявил у строителей и работников Мосметростроя выраженное увеличение мощности спектра очень низкочастотного компонента (VLF), при одновременном возрастании ЧСС (до $91,5$ уд/мин), что свидетельствует о высоком уровне симпатической активации. Показатель активности регуляторных систем (PARS) составил у работников Мосметростроя ($6,21 \pm 0,82$ балла),

строителей-монтажников ($6,0 \pm 0,90$), что указывает на достаточное напряжение процессов адаптации у трудовых мигрантов.

Для выявления типа регуляции кровообращения (гипо, гипер и эукинетический) полученные величины минутного объема крови и периферического сопротивления сопоставлены с должными значениями этих параметров. Индивидуальный анализ особенностей гемодинамики позволил установить процентное распределение лиц с различными типами кровообращения соответственно группам обследования (табл. 2). Наибольший процент лиц неблагоприятного гипокинетического типа гемодинамики наблюдался у мигрантов, работающих на крупных стройках Москвы и в Мосметрострое, соответственно: $36,9 \pm 6,8\%$ и $39,3 \pm 9,2\%$. В этих группах мигрантов наблюдалось также значительное число лиц с гиперкинетическим типом регуляции кровообращения, которое составило у мигрантов 1-ой группы $34,2 \pm 6,5\%$ и мигрантов 2-й группы $32,1 \pm 8,8\%$. Полученные результаты свидетельствуют о выраженной лабильности функционирования сердечно-сосудистой системы у мигрантов, что согласуется с результатами ВСП.

Полученные результаты исследований позволили обосновать определение стадий адаптационного процесса по результатам анализа взаимосвязи факторов

Таблица 2

Результаты исследования типа кровообращения у мигрантов различных профессиональных групп

Тип кровообращения, %	Группа обследуемых				
	Строители арматурщики, монтажники	Метростроевцы-проходчики	Работники дорожной сети	Работники плодовоовощного склада	Работники рынка
Гиперкинетический	$34,2 \pm 6,5$	$32,1 \pm 8,8$	$49,0 \pm 8,7$	$42,8 \pm 6,1$	$54,1 \pm 7,4$
Эукинетический	$28,9 \pm 7,1$	$28,6 \pm 8,5$	$27,2 \pm 11,5$	$40,8 \pm 11,1$	$37,0 \pm 12,4$
Гипокинетический	$36,9 \pm 6,8^*$	$39,3 \pm 9,2^*$	$23,8 \pm 9,9$	$16,4 \pm 4,4$	$8,9 \pm 9,2^*$

* $p \leq 0,05$ по сравнению с пятой группой работников рынка.

трудового процесса и физиологических показателей (динамометрические показатели и показатели вегетативного обеспечения организма). Корреляционный анализ факторов тяжести труда и нервно-эмоциональной напряженности труда с физиологическими показателями нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системы позволил распределить их по ранговым местам. Центральное место в этой системе занимает тяжесть труда (в 93,3% статистически значимо связана с физиологическими показателями), остальные показатели по очередности распределялись следующим образом: рабочая поза (91,3%); статическая нагрузка (80,0%); напряженность труда (73,3%); эмоциональная нагрузка (66,7%). В результате анализа данных изменения процесса адаптации у большого количества работающих людей к концу рабочей смены по показателям нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системы с помощью регрессионного анализа выведена формула для определения уровня напряжения адаптационных реакций организма человека: оптимальное, допустимое напряжение, перенапряжение (подготовлена заявка на изобретение).

Таким образом, проведенные исследования показали, что у трудовых мигрантов развиваются неблагоприятные функциональные изменения, свидетельствующие о развитии перенапряжения нервно-мышечного аппарата организма работников. С увеличением стажа работы в профессии развивающееся напряжение отдельных систем организма может явиться риском развития патологических нарушений. На основании большого массива обследования рабочих различных отраслей, в том числе и строительной, была рассчитана вероятность развития случаев профессиональной патологии опорно-двигательного аппарата (ОДА) и периферической нервной системы (ПНС) в зависимости от уровней показателей тяжести трудового процесса. Установлено, что при тяжести трудового процесса 3 класса 2–3 степени вероятность развития патологии (ОДА) составляла 17,1–37,0% случаев, что указывает на необходимость физиолого-гигиенической оптимизации труда.

Выводы:

1. Установлено, что трудовая деятельность мигрантов, прибывших из южных Республик Средней Азии, протекает на фоне напряжения функциональных систем организма. В этой связи возникает необходимость изучения физиологических механизмов адаптации человека к сочетанному воздействию факторов тяжести и напряженности труда, особенностям социально-психологических условий.

2. В динамике рабочего дня у строителей и женщин мигранток, занятых в социальной сфере, при выраженной тяжести труда развивается существенное напряжение и перенапряжение нервно-мышечного аппарата мышц рук и станковых мышц, что проявляется в снижении динамометрических показателей выносливости к статическому усилию и максимальной мышечной работоспособности.

3. Изучение физиологических аспектов адаптации трудовых мигрантов свидетельствует о том, что адаптационный синдром напряжения выражается в изменении вариабельности сердечного ритма: различных уровнях стресс-индекса SI, связанных с высокими физическими (мышечными), нервно-эмоциональными нагрузками; выраженном увеличении мощности спектра очень низкочастотного компонента (VLF) при одновременном возрастании ЧСС, что является показателем активности симпатического звена регуляции; определенных стадиях функционального состояния организма и степени адаптации по показателю активности регуляторных систем — PARS.

4. Результатами индивидуального анализа типов регуляции кровообращения выявлен наибольший процент лиц гипокинетического и гиперкинетического типа гемодинамики у мигрантов, работающих на крупных стройках Москвы: $34,2 \pm 6,5$, $36,9 \pm 6,8\%$. Выявленная тенденция вегетативной дисрегуляции, на фоне благоприятного эукинетического типа регуляции кровообращения, является актуальной и для строителей Мосметростроя: $32,1 \pm 8,8$, $39,3 \pm 9,2\%$ соответственно.

5. Выявлено у всех мигрантов напряжение адаптационного процесса, обусловленное функциональной перестройкой физиологических регуляторных механизмов организма, что требует оптимизации режима труда и отдыха, улучшения медицинского обслуживания с проведением систематической диспансеризации, формированием культуры здорового образа жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Северин А.Е., Волков В.И., Дубровин В.П. и др. Размер тела и некоторые физиологические особенности пяти эндогамных групп индоязычного населения Союзной территории Дели // Вопросы Антропологии. — 2008. — Вып. — С. 46–53.
2. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. — М.: Физкультура и спорт, 1989. — 208 с.
3. Алексеева Т.Н., Казначеев В.П. Современное состояние проблемы адаптации. — Вестник РАМН. — 2007. — № 10. — С. 5–15.
4. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. и др. В помощь практическому врачу. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Методические рекомендации / Вестник аритмологии. — 2001. — № 24. — С. 65–87.
5. Брехман И.И. Адаптация человека в различных экологических нишах Земли (биологические аспекты) курс лекций. — М. МНЭПУ, 2008. — 280 с.
6. Введение в валеологию — науку о здоровье — Л-д: Наука, 2007. — 125 с.
7. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы. Справочник. /Под ред. Т.С. Виноградовой. — М.: Медицина, 1986. — 416 с.
8. Оптимизация функционального состояния организма в физкультурно-оздоровительном центре промышленного пред-

приятия: Методические рекомендации / Под ред. Р.М. Баевского. — М., 1988. — 23с.

9. Руководство Р 2.2.20006–05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. — 142 с.

10. Физиологические нормы напряжения организма человека при различных видах трудовой деятельности (физический, умственный, зрительный) Методические указания, утв. Межведомственным советом «Медико-экологические проблемы здоровья работающих» 11.02.2003.

REFERENCES

1. Agadzhanian N.A., Severin A.E., Volkov V.I., Dubrovin V.P., et al. Body dimensions and some physiologic features of five endogamous groups of hindu population in Delhi united territory // *Voprosi Antropolog.* — 2008. — issue. — P. 46–53 (in Russian).
2. Agadzhanian N.A., Shabatura N.N. Biorhythms, sports, health. — Moscow: Fizkul'tura i sport, 1989. — 208 p. (in Russian).
3. Alekseva T.N., Kaznacheev V.P. Contemporary state of adaptation problem // *Vestnik RAMN.* — 2007. — 10. — P. 5–15 (in Russian).
4. Baevskiy P.M., Ivanov G.G., et al. Help for practical doctors. Analysis of cardiac rhythm variability, when using various electrocardiographic systems // *Vestnik aritmologii.* — 2001. — 24. — P. 65–87 (in Russian).
5. Brehman I.I. Human adaptation in various ecological backgrounds of Earth (biologic aspects). Lectures. — Moscow: MNEPU, 2008. — 280 p. (in Russian).
6. Introduction to valeology — science of health. — Leningrad; Nauka, 2007. — 125 p. (in Russian).

7. Vinogradova T.S., ed. Instrumental methods to study cardiovascular system. Reference book. — Moscow: Medistina, 1986. — 416 p. (in Russian).

8. R.M. Bayevskiy, ed. Optimization of human functional state in gymnastic health center of industrial enterprise. Methodic recommendations. — Moscow, 1988. — 23 p. (in Russian).

9. Manual R 2.2.20006–05. Manual on hygienic evaluation of working environment and working process factors. Criteria and classification of work conditions. — Moscow: Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2005. — 142 p. (in Russian).

10. Physiologic norms of human exertion in various types of work (physical, mental, visual). Methodic recommendations approved by Inter-departmental council «Medical ecologic problems of workers' health» 11/02/2003 (in Russian).

Поступила 12.12.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ходжиев Махмадамин (Khodzhev M.),

ст. науч. сотр. лаб. физиол. труда и проф. эргономики ФГБНУ НИИ МТ, канд. Мед. наук. E-mail: amin.dok@mail.ru.

Юшкова Ольга Игоревна (Yushkova O.I.),

гл. науч. сотр. лаб. физиол. труда и проф. эргономики ФГБНУ НИИ МТ, профессор НИТУ «МИСиС», д-р мед. наук, проф. E-mail: doktorolga@indox.ru.

Шардакова Эмилия Федоровна (Shardakova E.F.),

вед. науч. сотр. лаб. физиол. труда и проф. эргономики ФГБНУ НИИ МТ, канд. биол. наук. E-mail: ft-matuhin@mail.ru.

Капустина Ангелина Владимировна (Kapustina A.V.),

ст. научн. сотр. лаб. физиол. труда и проф. эргономики ФГБНУ НИИ МТ, канд. биол. наук. E-mail: ft-matuhin@mail.ru.

УДК 613.644;616.7;613.644

В.Н. Дружинин¹, А.Н. Черный²

ОСТЕОДЕНСИТОМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТЕОПОРОЗА У ЛИЦ ВИБРООПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ

¹ФГБНУ «НИИ медицины труда», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275

²ФГБОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, ул. Большая Пироговская, 2–4, Москва, Россия, 119991

Представлены результаты рентгенологического обследования горнорабочих очистных забоев, подвергавшихся воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, среди которых (пылевые аэрозоли, повышенные физические нагрузки) наиболее значимыми, с точки зрения возможности развития производственно обусловленной остеопатии, были локальная и комбинированная производственная вибрации. Исследовали лиц мужского пола: 60 человек с подозрением на вибрационную болезнь, 35 человек с наличием вибрационной болезни (вегетативно-сенсорная полиневропатия) 1-й стадии и 30 человек контрольной группы, сопоставимых по возрасту и стажу работы. Для диагностики остеопороза (по уровню минерализации дистальных отделов предплечий)

оценены возможности применения эталонной цифровой остеоденситометрии в профпатологической практике при использовании цифровых малодозных рентгенодиагностических аппаратов.

Ключевые слова: производственная вибрация, рентгенодиагностика, остеоденситометрия.

V.N. Druzhinin¹, A.N. Cherniy². **Osteodensitometry in diagnosis of osteoporosis in occupations subjected to vibration**

¹FSBSI «Research Institute of Occupational Health», 31, Budennogo Pr-t, Moscow, Russia, 105275

²I.M. SechenovFirstMoscowStateMedicalUniversity, 2–4, Bolshaya Pirogovskaya Str., Moscow, Russia, 119991

The authors present results of X-ray examination of miners working in cleaning mine face, subjected to complex of occupational hazards (dust aerosols, physical overexertion) among which local and combined occupational vibration could be the most important from the viewpoint of possible occupational osteopathy. Examinees were males: 60 ones with suspected vibration disease, 35 ones with diagnosed vibration disease (vegetative sensory polyneuropathy) stage 1 and 30 ones in reference group matched by age and length of service. For osteoporosis diagnosis (according to mineralization level in distal forearms), the authors evaluated possibilities of digital osteodensitometry standard in occupational therapy with digital low-dose X-ray devices.

Key words: occupational vibration, X-ray, osteodensitometry.

Введение. В настоящее время болезни костно-суставного аппарата от воздействия неблагоприятных производственных факторов в клинике профзаболеваний занимают далеко не последнее место. Роль вибрации в этиологии костных изменений у работающих на различных производствах достаточно хорошо изучена, проблематичным является своевременная (ранняя) и достоверная их диагностика [6]. Последнее имеет большое социальное значение, так как связано со здоровьем наиболее работоспособных контингентов населения в смысле вторичной профилактики заболеваний и решении вопросов экспертизы (установления или снятия профессионального заболевания). Как известно, у рабочих в виброопасных профессиях развиваются функционально-приспособительные и дегенеративно-дистрофические заболевания осевого и периферического скелета. Среди них значительное место занимает перестройка костной структуры в основном остеопоротической направленности, а вибрацию рассматривают как фактор риска [7]. Визуальная оценка выраженности остеопороза возможна лишь при убыли костного вещества порядка 20–30%, поэтому в клинической практике предпочтение отдается количественным методам и в частности методу эталонной рентгеноденситометрии, предполагающей использование конвекционной (пленочной) рентгенографии вместе с клином-эталоном (костным или алюминиевым) известной плотности [1,10,11]. В качестве эталона используются различные материалы, при этом предпочтение отдается эталону выполненному из алюминия, плотность которого ($2,65 \text{ мг/мм}^3$) близка к плотности костной ткани [9]. По нашему опыту и опыту других исследователей, указанный метод достаточно трудоемок, требует расхода дорогостоящей рентгеновской пленки, предполагает использование специальных микрофотометров, не всегда доступных в широкой практике.

Цель исследования. Оптимизировать рентгенодиагностику перестройки костной структуры остеопоротической направленности у лиц виброопасных профессий методом эталонной цифровой остеоденситометрии для количественной оценки плотности костной ткани, используя малодозный цифровой рентгенодиагностический аппарат.

Материалы и методы. В условиях клиники обследовано 85 человек (мужчин), подвергавшихся воздействию комбинированной, локальной и общей транспортно-технологической производственной вибрации и сопутствующих ей факторов — рабочие очистных забоев горнорудных шахт подземной добычи бокситов (ГРОЗ) г. Североуральска. Это были пациенты с наличием клинических признаков патологии опорно-двигательного аппарата от воздействия локальной и комбинированной вибрации. Возраст обследованных колебался от 41 до 60 лет при стаже работы 3–32 года. Для сравнительной оценки изменений в контрольную группу из 30 мужчин были включены лица физического труда, не подвергавшиеся воздействию неблагоприятных производственных факторов и сопоставимые по возрасту, стажу работы и преморбидному фону. Помимо вибрации данная категория рабочих виброопасных профессий испытывала воздействие и других факторов: нерациональные рабочие позы, производственный шум, неблагоприятный микроклимат, перенос и подъем тяжестей при выполнении ремонтных и погрузочных работ, аэрозоли фиброгенного действия (пыль смешанного характера с частицами боксита и известняка). Большинство обследованных, помимо наличия периферического ангиодистонического синдрома и полиневропатии верхних конечностей имели такие заболевания, как спондилоз и остеохондроз различных отделов позвоночника, деформирующий остеоартроз локтевых и лучезапястных суставов, плече-лопаточный периартроз на фоне пылевой патологии в виде эмфиземы легких, регионарного пневмосклероза и бронхита.

В комплексе клинико-рентгенологического обследования для решения специфической задачи оптимизации диагностики остеопоротической направленности перестройки структуры костной ткани (по уровню минерализации) применялись такие методы, как цифровая малодозная рентгенография, эталонная и цифровая остеоденситометрия. Использовалась современная аппаратура: цифровой рентгенодиагностический комплекс DR-F (GE Brivo), дихроматический остеоденситометр «PRODIGY» (корпорация «Lunar»). Для прецизионной оценки минеральной плотности костной ткани (МПКТ) определялись как абсолютные показатели минерализации (в г/см² гидроксиапатита), так и относительные (в % относительно оптимума) по Т и Z критериям (по рекомендациям ВОЗ).

Рентгенодиагностический комплекс включал:

1. Интерактивную рентгенографию (цифровую рентгенографию предплечий с захватом лучезапястных и локтевых суставов, которая выполнялась вместе с алюминиевым клином — эталоном плотности).

2. Двухэнергетическую (дихроматическую) остеоденситометрию костей предплечий.

Использовалась только аппаратная микрофотометрия (предусмотренная на панели инструментов цифрового рентгенодиагностического аппарата и в исследовательской программе «Махаон»). Впервые в практике рентгенодиагностики данной патологии для решения экспертных вопросов применялось определение минеральной плотности костных тканей (МПКТ) при помощи разработанной нами эталонной малодозной цифровой денситометрии наряду с дихроматической рентгеновской абсорбциометрией (Dual-energy x-ray absorptiometry — DEXA), широко используемый в клинической практике [2–5,7,8,12–16]. Исследования выполнялись параллельно соответственно во всех сравниваемых группах.

Сущность инновации заключается в следующем: при выполнении рентгенографии, например, дистальных отделов предплечий (кость руки), также как и при выполнении конвекционной эталонной рентгенографии, использовали алюминиевые тарированные клинья-эталон (ступенчатые, и плавные), снабженные соответствующими паспортами с указанием количества минералов в г/см². Для денситометрии применяли измерительную панель инструментов цифрового рентгенодиагностического аппарата и дисплея персонального компьютера. Зоны денситометрии лучевых костей (3–5 точек дистального отдела), соотносили с соответствующей ступенькой или высотой клина-эталона. Пространственное разрешение ПЗС (прибор с зарядовой связью) матриц кассет цифровых рентгенодиагностических аппаратов сегодня позволяет достаточно хорошо дифференцировать элементы структуры костной ткани. Тем не менее, для исключения проекционных искажений и унификации измерений, выполнялись следующие условия: фокусное расстояние соответствовало 100 см, центральный луч проецировали в геометрический центр кассеты, в зоне которого располагался лучезапястный сустав. Далее изображение объекта исследования передавалось на рабочую станцию для вышеописанного измерения. Наконец, проводилось определение искомой величины минеральной насыщенности по паспорту клина-эталона и по оценочным номограммам и с различными шагами градации 0,08 г/см² или 0,01 г/см² уровней минерализации (в г/см² и по Т-критерию).

Результаты и обсуждение. Визуальный анализ рентгенологической картины на рентгеновских пленках и на экране монитора позволил определить наличие рентгеноморфологических признаков, характерных для остеоартрозов, эностозов, гиперостозов и кистовидной перестройки, тогда как изменений костной структуры, патогномоничных для остеопе-

Таблица

Результаты определения минеральной насыщенности дистальных отделов лучевых костей с применением различных методов остеоденситометрии

Группа обследованных	Возраст, лет	Стаж работы, лет	Минерализация, г/см ²		
			Эталонная цифровая остеоденситометрия **		Цифровая двухэнергетическая остеоденситометрия ***
			Пленочный вариант	Экранный вариант	
	X ± sx	X ± sx	X ± sx	X ± sx	X ± sx
Горнорабочие подземной добычи бокситов(1гр.)	45,93±6,6	20,16±7,51	0,770±0,02	0,760±0,02	0,795±0,03
Больные вибрационной болезнью(2гр.)	55,39±7,17	23,67±8,22	0,732±0,05*	0,7721±0,02*	0,734±0,03*
Контрольная группа(3гр.)	48,62±14,4	22,25±11,53	0,841±0,02	0,856±0,02	0,873 ±0,03

Примечания: * Разница относительно контрольной группы статистически достоверна (p < 0,05).

** Использовался цифровой рентгенодиагностический аппарат GE Brivo.

*** Использовался цифровой дихроматический остеоденситометр GE Lunar Prodigy.

нии и остеопороза, у данной категории обследуемых выявить не удавалось. Минеральная насыщенность дистальных отделов лучевых костей у обследуемых варьировала от 0,65 г/см², (63 % и Т — 1,9) до 0,85 г/см² (120% и Т +2,0). Средние показатели костной плотности в основных группах в разной степени отличались от таковых в группе контроля — незначительно в группе риска и более значительно (статистически достоверно) — у пациентов с наличием развернутой клиники вибрационной болезни 1ст. Минеральная насыщенность имела хорошую корреляцию со стажем работы в профессиях (по показателю в г/см² $r = -0,368$, в % $r = -0,352$). Однако, главным итогом данного исследования следует считать наличие практически полного соответствия показателей минерализации определенных разными методами: цифровой эталонной денситометрии и цифровой аппаратной остеоденситометрии. Как видно из представленных данных (табл.), различия показателей оказались мизерными и соответственно статистически недостоверными, что позволяет сделать вывод о высокой точности метода эталонной цифровой остеоденситометрии в разработанной нами модификации.

Таким образом, цифровая эталонная остеоденситометрия наряду с дихроматической рентгеновской абсорбциометрией, считающаяся в общей рентгенодиагностике «золотым стандартом», также может быть использована в комплексной рентгенодиагностике остеопатий профессионального генеза, в практике одноразовых и динамических наблюдений.

Применение указанного метода предполагает использование при рентгенографии тарированных ступенчатых или плавных алюминиевых клиньев-эталонов плотности, снабженных соответствующими паспортами. Задача оценки минеральной плотности костей значительно облегчается при наличии оценочных номограмм с индикацией зон оптимальной, высокой и низкой степенью минерализации (в г/см², в % и по Т-критерию).

Выводы:

1. Цифровая рентгенография с клином-эталонном плотности (как в экранном, так и в пленочном вариантах исследования) наряду с возможностью анализа рентгеноморфологической картины и последующей остеоденситометрией в указанных зонах, позволяет довольно точно оценить минерализацию костей по показателю МПКТ (в упрощенном варианте по номеру ступеньки клина).

2. Диагностические возможности определения минеральной насыщенности костной ткани на основе применения разработанного и апробированного нами методического подхода сопоставимы с результатами известного метода дихроматической рентгеновской абсорбциометрии, но в отличие от последнего, позволяет более оперативно получать искомую информацию и не связан с дополнительной лучевой нагрузкой и, следовательно, может быть использован на всех этапах рентгенологического обследования пациента.

3. Рентгенометрия костной ткани с использованием цифровой эталонной остеоденситометрии, наряду с дих-

роматической рентгеновской абсорбциометрией (DXA), может быть широко использована в скрининговой, динамической и комплексной клиническо-рентгенологической диагностике остеопатий профессионального генеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 12–16)

1. Алексеева Т.И., Смирнова А.М., Павловский О.М. // Вopr. антропол. — 1963. — вып. 15. — С. 3–12.
2. Алешечкина Е.Е., Шелехова Т.В., Богословская С.И. и др. // Саратовский научно-мед. ж-л. — 2013. — Т. 9. — №1. — С. 34–38.
3. Дедов И.И., Марова Е.И., Рожинская Л.Я. Остеопороз (патогенез, диагностика, принципы профилактики и лечения): Методическое пособие для врачей. — М., 1999. — С. 23–35
4. Зеликман М.И. Цифровые системы в медицинской рентгенодиагностике. — М.: Медицина, 2007. — 208 с.
5. Новиков В.Е., Оганов В.С., Бакулин А.В. и др. // Остеопороз и остеопатии. — 2005. — №3. — С. 4–10.
6. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — С. 77–81, 429–439.
7. Родионова С.С., Дмитрук П.Н. и др. // Остеопороз и остеопатии. — 1999. — №3. — С. 7–10.
8. Руководство по остеопорозу / под ред. Л.И. Беневоленской. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. — С. 132–152.
9. Симаков В.В., Комиссарова Е.Н. // Арх. анат. гистол. и эбриол. — 1987. — Т. 92. — вып. 2. — С. 92–95.
10. Тайц Н.С., Лукаш Л.К. // Вестн. рентгенол. — 1969. — вып. 3. — С. 22–25.
11. Франке Ю., Рунге Г. Остеопороз: Пер. с нем. — М.: Медицина, 1995. — 304 с.

REFERENCES

1. Alekseeva T.I., Smirnova A.M., Pavlovskiy O.M. // Vopr. Antropol. — 1963. — issue 15. — P. 3–12 (in Russian).
2. Aleshechkina E.E., Shelekhova T.V., Bogoslovskaya S.I., et al. // Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal. — 2013. — Vol. 9. — 1. — P. 34–38 (in Russian).
3. Dedov I.I., Marova E.I., Rozhinskaya L.Ya. Osteoporosis (pathogenesis, diagnosis, principles of prevention and treatment). Methodic textbook for doctors. — Moscow, 1999. — P. 23–35 (in Russian).
4. Zelikman M.I. Digital systems in medical X-ray. — Moscow: Meditsina, 2007. — 208 p. (in Russian).
5. Novikov V.E., Oganov V.S., Bakulin A.V., et al. // Osteoporoz i osteopatii. — 2005. — 3. — P. 4–10 (in Russian).
6. Izmerov N.F., ed. Occupational diseases: national manual. — Moscow: GEOTAR-Media, 2011. — P. 77–81, 429–439 (in Russian).
7. Rodionova S.S., Dmitruk P.N., et al. // Osteoporoz i osteopatii. — 1999. — 3. — P. 7–10 (in Russian).
8. Benevolenskaya L.I., ed. Manual on osteoporosis. — Moscow: Binom. Laboratoriya znaniy, 2003. — P. 132–152 (in Russian).
9. Simakov V.V., Komissarova E.N. // Arkh. anat. gistol. i ebiol. — 1987. — Vol. 92. — issue 2. — P. 92–95 (in Russian).

10. Tayts N.S., Lukash L.K. // Vestn. Rentgenol. — 1969. — issue 3. — P. 22–25 (in Russian).

11. Franke Yu., Runge G. Osteoporosis. Translated from German. — Moscow: Meditsina, 1995. — 304 p. (in Russian).

12. Baim S., Wilson Ch. R., Lewiecki E. M. et al. // J. Clinical Densitometry. — 2005. — Vol. 8 (4) . — P. 371–378.

13. Diessel E., Fuerst T., Njeh C.F. et al. // J. Appl. Physiol. — 2000. — Vol. 89. — P. 599–605.

14. Frost, H.M. // Osteoporosis Int. — 1999. — Vol. 10. — P. 345–352.

15. Jergas M., Schmid G. // Radiologe. — 1999. — Vol. 3. — N 3. — P. 174–185.

16. Kanis J.F., Gluer C.C. // Osteoporosis int. — 2005. — Vol. 16. — №3. — P. 229–238.

Поступила 23.05.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дружинин Валентин Николаевич (Druzhinin V. N.),
вед. науч. сотр. отд. рентгенолог. иссл. и томографии
ФГБНУ НИИ МТ, д-р мед. наук. E-mail:druzhinin@ru List.
Черный Александр Николаевич (Cherniy A. N.),
гл. науч. сотр. 1 МГМУ им. И.М. Сеченова, действит.
член акад. электротехнич. наук РФ, д-р техн. наук.
E-mail:alexcherny@ru.

УДК 613.6;616-001.11;612.12

С.Е. Фоменко¹, Н.Ф. Кушнерова^{1,2}, Т.В. Момот³

ИЗМЕНЕНИЕ ЛИПИДНОГО СОСТАВА МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ У ВОДОЛАЗОВ, РАБОТАЮЩИХ НА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГЛУБИНАХ

¹ ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская, д. 43, Приморский край, Владивосток, Россия, 690041

² ДВФУ, Школа биомедицины, Аякс, 10, о. Русский, Приморский край, Владивосток, Россия

³ ФГБУН Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, ул. Пальчевского, д. 17, Приморский край, Владивосток, Россия, 690059

Проведено исследование липидного состава мембран эритроцитов у водолазов, испытывающих в процессе их профессиональной деятельности воздействие экстремальных факторов гипербарической среды. Показано, что профилактический прием биологически активной добавки к пище из калины «Калифен»[®] способствовал сохранению физиологических характеристик эритроцитов и восстановлению липидной составляющей их мембран.

Ключевые слова: водолазы, эритроциты, нейтральные липиды, фосфолипиды, профилактика, растительные полифенолы, «Калифен».

S.E. Fomenko¹, N.F. Kushnerova^{1,2}, T.V. Momot³. **Changes in lipid content of RBC membranes in divers working on low and moderate depths**

¹Federal State establishment of the Russian academy of science V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEBRAS, 43, Str. Baltiyskaya, Primorskiy kray, Vladivostok, Russia, 690041

²The Far Eastern Federal University, School of Biomedical, 10, Ayaks, o. Russkiy, Primorskiy kray, Vladivostok, Russia

³Federal State establishment of the Russian academy of science A.V. Zhirmunsky Institute of marine biology FEBRAS, 17, Str. Pal'chevskogo, Primorskiy kray, Vladivostok, Russia, 690059

The study covered lipid content of RBC membranes in divers exposed to extreme hyperbaric factors at work. Findings are that prophylactic intake of biologically active additive nutrient "Kalifen" made of viburnum berries preserved physiologic characteristics of RBC and recovery of lipid components in their membranes.

Key words: divers, RBC, neutral lipids, phospholipids, prevention, vegetable polyphenols, «Kalifen».

Проведение профессиональных водолазных и кессонных работ на глубине связано с воздействием на организм человека комплекса гипербарических факторов. Это, прежде всего, высокое гидростатическое давление, повышенное парциальное давление кисло-

рода и индифферентных газов, тяжелая физическая нагрузка, низкая температура воды. Также немаловажное значение имеет нервно-эмоциональное напряжение, связанное с чувством реального риска и прямой или косвенной ответственностью за жизнь других лиц [4].

Из всего комплекса факторов гипербарической среды, являющихся экстремальными для человека и вызывающих развитие тех или иных изменений в организме, существенное значение отводится токсическому действию кислорода [13]. Использование для дыхания сжатого воздуха с высоким содержанием кислорода приводит впоследствии к развитию гипоксии (кислородное отравление), особенно у лиц с продолжительным подводным стажем. При этом избыток кислорода распределяется в тканях организма пропорционально его парциальному давлению, вызывая сложный комплекс приспособительных реакций. Значительные изменения отмечаются в функционировании эритроцитарной системы: снижается концентрация гемоглобина в крови и падает количество эритроцитов, изменяется их осмотическая резистентность, происходит ускорение их разрушения и подавляется эритропоэз [17,19]. Эритропения и падение концентрации гемоглобина в крови — один из элементов сложного приспособительного механизма для ограничения поступления кислорода в организм. Наблюдаемые отклонения в эритроцитах носят не только функциональный, быстро проходящий, но и структурный характер, и для их нормализации требуется значительный период времени [7].

Возникающий избыток кислорода в тканях способствует образованию реактивных свободно-радикальных метаболитов, которые, действуя в качестве окислителей, вызывают повреждения биологических мембран клеток [1,24]. Накопление свободно-радикальных метаболитов кислорода способствует как усилению радикального повреждения важнейших компонентов клетки, так и перекисному окислению липидов в биологических мембранах. Свободно-радикальное окисление липидов часто становится разветвленной цепной реакцией, склонной к самостоятельному поддержанию процесса, даже после нормализации кислорода в организме [9].

Наиболее удобной и простой моделью для изучения действия гипербарии и гипоксии на организм являются мембраны эритроцитов. Учитывая важную роль липидного компонента мембраны эритроцита в обеспечении метаболической и функциональной полноценности красных клеток крови, изучение липидной составляющей их мембран может служить надежным критерием протекающих в организме процессов адаптации к условиям гипербарии.

Для сохранения и укрепления здоровья водолазов, помимо обязательного медицинского обеспечения, необходимо принятие комплекса профилактических мер, направленных на повышение стресс-устойчивости организма и ускоренного восстановления работоспособности в реабилитационном периоде. Одним из перспективных подходов является усиление антиоксидантной защиты организма за счет использования биологически активных добавок (БАД), содержащих полифенольные комплексы [14]. Полифенольные соединения, в частности флавоноиды и катехины, обла-

дают высокой антирадикальной и антиоксидантной активностью, проявляют гепато- и мембранопротекторное действие. В отличие от синтезированных полифенолов, природные имеют крайне низкую токсичность и не вызывают побочных реакций (аллергия, отторжения организмом, эффект привыкания, накопления) [22].

К таким соединениям относится суммарный полифенольный комплекс, выделенный из калины (*Viburnum sargentii* Koehne). Экстракт из калины запатентован как БАД к пище (патент №2199249) под торговой маркой «Калифен»® (свидетельство на товарный знак RU № 228327) и средство, обладающее антирадикальной активностью (патент № 2220614). Химический состав препарата был исследован с помощью жидкостного хроматографа «Controller LCC 500» (Pharmacia). БАД включает широкий диапазон полифенольных соединений: лейкоантоцианы, катехины и их полимерные формы, олигомерные танины, лигнин, флавонолы и др. Полифенолы составляют свыше 60% сухого остатка экстракта [12].

Целью работы явилось исследование липидной составляющей и осмотической резистентности мембран эритроцитов у водолазов в процессе их профессиональной деятельности, а также использование БАД «Калифен»® для профилактики возникающих нарушений.

Материал и методики. Обследована группа из 10 мужчин — водолазов, работа которых была связана с систематическим выполнением подводных погружений на средних и больших глубинах (20–60 м) с использованием для дыхания сжатого воздуха. Возраст обследуемых — от 30 до 40 лет. Взятие проб крови осуществляли из локтевой вены перед спуском на глубину и затем непосредственно после его окончания. В течение 2 месяцев участникам эксперимента было предложено ежедневно утром после еды принимать по 2,5 мл калифена. Данное количество в пересчете на общие полифенолы составляло 100 мг в сутки, что соответствует допустимой терапевтической дозе [2]. Экстракт из калины «Калифен»® готовили из высушенного отжима после отделения сока (кожица, косточки, оси соцветий) с использованием в качестве экстрагента 40% этиловый спирт. В процессе реперколяции из 1 кг сырья выход экстракта составлял 1 л. Экспериментально установлено, что полученный водно-спиртовой экстракт относится к малотоксичным ($LD_{50} = 48,6$ мл/кг) для организма животных (крысы линии Вистар).

Таким образом, в ходе исследования были сформированы 3 группы: 1-я группа — водолазы перед погружением, 2-я группа — водолазы после погружения (без приема калифена), 3-я группа — водолазы после профилактического приема калифена в течение 2 мес. и совершившие очередной этап погружения.

Выделение эритроцитов из гепаринизированной крови и получение эритроцитарных мембран проводили по традиционной методике [10]. Средний объем

эритроцитов (СОЭр) и средний диаметр эритроцитов (СДЭр) крови определяли на гематологическом анализаторе «Abacus» (Diatron, Австрия). Осмотическую резистентность эритроцитов (ОРЭ) к изменению концентрации NaCl (от 0,9% до 0,3%) рассчитывали по общепринятому методу. Экстракцию общих липидов из эритроцитарных мембран проводили по методу J. Folch et al. [18]. Фракционное разделение фосфолипидов осуществляли методом двумерной микротонкослойной хроматографии на силикагеле [25]. Использовали системы растворителей, предложенные G. Rouser et al. [23]: в первом направлении — хлороформ : метанол : аммиак (28%-ный) (65:25:5 или 65:35:5, по объему), во втором — хлороформ: ацетон: метанол: ледяная уксусная кислота: вода (30:40:10:10:5 или 50:20:10:10:5, по объему). Хроматографическое распределение нейтральных липидов и их количественное определение проводили методом одномерной микротонкослойной хроматографии на силикагеле в системе растворителей гексан: серный эфир: ледяная уксусная кислота (90:10:1, по объему) [16]. Обнаружение пятен нейтральных липидов осуществляли с помощью паров йода. Количественное содержание отдельных фракций выражали в процентах от общей суммы нейтральных липидов и фосфолипидов, соответственно. Исследование одобрено Комиссией по вопросам этики Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН с соблюдением процедуры добровольного информированного согласия на участие в исследовании. Для статистической обработки данных использовали программу Instat (Graph Pad Software Inc. USA, 2005) со встроенной процедурой проверки соответствия выборки закону нормального распределения. Для определения статистической значимости различий в зависимости от параметров распределения использовали параметрический t-критерий Стьюдента или непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Изучение физиологических характеристик эритроцитов в крови водолазов после погружения (2-я группа)

выявило их существенные отличия по сравнению с исходными значениями до погружения (1-я группа). Так, средний диаметр эритроцитов повысился на 5% ($8,04 \pm 0,01$ против $7,69 \pm 0,02$ мкм до погружения; $p < 0,001$), а средний объем эритроцитов — на 14% ($103,94 \pm 0,83$ против $90,95 \pm 0,77$ мкм³ до погружения; $p < 0,001$). После подъема на поверхность у испытуемых отмечалось снижение осмотической резистентности эритроцитов к гемолизирующему агенту, о чем свидетельствует сдвиг порога начала гемолиза до $0,50 \pm 0,05\%$ NaCl, а окончание гемолиза регистрировалось при концентрации $0,40 \pm 0,01\%$ NaCl (в норме начало гемолиза регистрируется при $0,45 \pm 0,01\%$, а завершение при $0,35 \pm 0,01\%$). Важно отметить, что непосредственно перед погружением разрушение красных клеток крови у них начиналось при более низкой концентрации NaCl — $0,47 \pm 0,01\%$, а заканчивалось при $0,38 \pm 0,01\%$ NaCl, и было приближено к значениям физиологической нормы.

Изучение липидных показателей в эритроцитарных мембранах водолазов после спуска на глубину выявило их значительные изменения по сравнению с таковыми перед началом эксперимента. Так, в соотношении фракций нейтральных липидов (табл. 1) следует отметить значительное увеличение уровня холестерина (на 35%; $p < 0,001$) при одновременном снижении содержания свободных жирных кислот (в 2 раза; $p < 0,001$), триацилглицеринов (на 25%; $p < 0,01$) и эфиров жирных кислот (на 27%; $p < 0,001$). Эти изменения обусловлены тем, что в условиях гипербарии возрастает роль липидов в энергетическом обеспечении организма [15], что приводит к изменению липидного состава не только липопротеинов крови, но и клеточных мембран [7], в частности эритроцитов. Накопление холестерина в их мембране приводит к повышению жесткости и снижению лабильности, уменьшению способности эритроцитов к деформации [11,21].

Количественный состав фракций фосфолипидов в мембране эритроцитов водолазов после погружения (2-я группа) значительно отличался от такового у испытуемых перед спуском (1-я группа) (табл. 2). При этом были выявлены однонаправленные изменения в

Таблица 1

Влияние гипербарического стресса и профилактического приема калифена на содержание нейтральных липидов в мембранах эритроцитов водолазов (% суммы всех фракций, $M \pm m$)

Нейтральные липиды	1-я группа до погружения	2-я группа после погружения	3-я группа калифен + погружение
Триацилглицерины	$13,68 \pm 0,43$	$10,40 \pm 1,01^{**}$	$*13,48 \pm 0,89$
Свободные жирные кислоты	$11,70 \pm 0,88$	$5,74 \pm 0,51^{***}$	$***10,51 \pm 0,48$
Эфиры жирных кислот	$10,80 \pm 0,54$	$7,87 \pm 0,25^{***}$	$*9,78 \pm 0,68$
Холестерин	$27,54 \pm 1,19$	$37,26 \pm 2,10^{***}$	$**29,45 \pm 1,65$
Эфиры холестерина	$24,50 \pm 1,22$	$25,06 \pm 1,24$	$24,39 \pm 1,55$
Остаточная фракция	$11,78 \pm 1,14$	$13,67 \pm 1,29$	$12,39 \pm 0,76$

Примечания к табл. 1 и 2: различия статистически значимы при * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$; звездочки справа — сравнение с контролем, звездочки слева — сравнение со 2-й группой.

содержании следующих фракций: фосфатидилхолина (ФХ), фосфатидилэтаноламина (ФЭ) и сфингомиелина (СМ) в сторону их уменьшения на 5%, 23% и 27% ($p < 0,05-0,01$), соответственно, относительно исходных показателей. В то же время содержание фосфатидилинозита (ФИ) и лизофосфолипидов было достоверно выше, чем до погружения. Увеличение почти в 2 раза ($p < 0,001$) уровня лизофосфатидилэтаноламина (ЛФЭ) и лизофосфатидилхолина (ЛФХ), наиболее цитотоксичных фракций, обусловлено активацией фосфолипазы A_2 под действием факторов стресса при гипербарии. Известно, что повышение содержания лизофосфолипидов и встраивание их в мембрану приводит к изменению упаковки ее липидных молекул, способствуя переходу липидного бислоя в монослой, активации проницаемости мембраны для ионов Na^+ и K^+ [8]. Как известно, сфингомиелин и фосфатидилхолин находятся преимущественно в наружном монослое плазматических мембран, а фосфатидилэтаноламин и фосфатидилсерин (ФС) — во внутреннем. Расчет коэффициента ФХ/СМ, характеризующего наружный монослой мембран, выявил его отличие у испытуемых до и после погружения. Так, в эритроцитах водолазов после спуска на глубину (2-я группа) отмечалось существенное повышение данного коэффициента ($K_{ФХ/СМ}=2,43$) в отличие от такового в 1-й группе накануне погружения ($K_{ФХ/СМ}=1,85$). Отношение же фосфолипидных фракций ФЭ/ФС, характеризующее внутренний монослой мембраны эритроцитов, после погружения снизилось и составило $K_{ФЭ/ФС}=1,70$ по сравнению с исходной величиной перед спуском ($K_{ФЭ/ФС}=2,40$). Таким образом, в условиях гипербарии коэффициент, характеризующий наружный монослой ($K_{ФХ/СМ}$) повышался, а внутренний монослой ($K_{ФЭ/ФС}$) — снижался. Данные коэффициенты свидетельствуют о наличии в липидном бислое мембран эритроцитов глубоких структурных нарушений, вы-

званных гипербарическими факторами. Это и обусловило ранний гемолиз эритроцитов.

Наличие деструктивных процессов в мембране определяли на основе разработанного В. К. Макаровым коэффициента $ФХ^2/СМ \times ЛФХ$ [6]. Данный коэффициент является производным двух показателей: коэффициента СМ/ФХ, который характеризует изменение липидной «жидкости» мембран и ее проницаемости, а также коэффициента ФХ/ЛФХ, указывающего на изменение активности эндогенных фосфолипаз. У водолазов после спуска на глубину отмечалось снижение данного коэффициента ($K_{ФХ^2/СМ \times ЛФХ}$) на 30% относительно такового, рассчитанного у испытуемых перед погружением (см. табл. 2). Выявленные изменения указывают на уменьшение липидной «жидкости» мембран, повышение активности эндогенных фосфолипаз и накопление лизофосфатидилхолина.

В биохимическом механизме выявленной разбалансировки в соотношении фосфолипидных фракций в мембране эритроцитов существенное значение имеет инициируемое гипероксией перекисное окисление липидов, что отмечалось нами ранее [15]. Выявленное снижение содержания фосфатидилэтаноламина, который принадлежит к легкоокисляемым фракциям и является основным субстратом ПОЛ, свидетельствует об активации процессов пероксидации в мембране эритроцитов. Усиление перекисных окислительных процессов в липидах приводит к изменению состава липидов мембран, что влечет за собой изменение микровязкости липидной компоненты и проницаемости [9].

На основании вышеизложенного следует, что действие стрессовых факторов гипербарии сопровождается изменением соотношения фосфолипидных фракций, увеличением количества холестерина и лизофосфолипидов, а также активацией процессов ПОЛ в эритроцитах, что предполагает повышение

Таблица 2

Влияние гипербарического стресса и профилактического приема калифена на содержание фосфолипидов в мембранах эритроцитов водолазов (% суммы всех фракций, $M \pm m$)

Фосфолипиды	1 группа до погружения	2 группа после погружения	3 группа калифен + погружение
Фосфатидилхолин	33,70 $\pm$ 1,19	32,30 $\pm$ 1,31	33,57 $\pm$ 1,64
Лизофосфатидилхолин	3,50 $\pm$ 0,09	6,35 $\pm$ 0,43***	***3,83 $\pm$ 0,35
Сфингомиелин	18,20 $\pm$ 0,23	13,30 $\pm$ 1,03***	*18,14 $\pm$ 1,35
Фосфатидилэтаноламин	20,98 $\pm$ 0,80	16,22 $\pm$ 1,04**	18,56 $\pm$ 1,09
Лизофосфатидилэтаноламин	3,13 $\pm$ 0,03	6,47 $\pm$ 0,38***	***3,92 $\pm$ 0,36
Фосфатидилсерин	8,74 $\pm$ 0,13	9,47 $\pm$ 0,65	8,16 $\pm$ 0,99
Фосфатидилинозит	7,02 $\pm$ 0,12	10,72 $\pm$ 0,53***	**8,10 $\pm$ 0,66
Дифосфатидилглицерин	7,19 $\pm$ 0,44	5,64 $\pm$ 0,34*	*7,20 $\pm$ 0,50
Фосфатидная кислота	4,77 $\pm$ 0,3	5,17 $\pm$ 0,31	5,72 $\pm$ 0,22*
ФХ/СМ	1,85	2,43	1,85
ФЭ/ФС	2,40	1,70	2,27
$ФХ^2/СМ \times ЛФХ$	17,83	12,35	16,82

Примечания: ФХ — фосфатидилхолин, СМ — сфингомиелин, ФЭ — фосфатидилэтаноламин, ФС — фосфатидилсерин, ЛФХ — лизофосфатидилхолин.

вязкости и жесткости мембран, а также увеличение ее проницаемости.

Для восстановления работоспособности и сохранения здоровья водолазов была проведена терапевтическая профилактика с помощью БАД «Калифен»®. Прием калифена испытуемыми в течение 2 мес. в дозе 2,5 мл/кг и совершившими очередной эпизод погружения (3-я группа) сопровождался восстановлением размерных характеристик и осмотической резистентности эритроцитов, значения которых приближались к исходным величинам до начала эксперимента. Начало гемолиза эритроцитов снизилось до $0,43 \pm 0,01\%$ NaCl, а окончание гемолиза происходило при $0,34 \pm 0,01\%$ NaCl, что соответствует установленным значениям нормы. Границы устойчивости эритроцитов выросли на 0,3–0,4% NaCl по сравнению с таковыми величинами до приема калифена, что является положительным признаком и свидетельствует о повышении эластичности мембран эритроцитов и их лабильности при прохождении по микроциркулярному руслу.

После курсового приема калифена содержание фракций нейтральных липидов в эритроцитах водолазов 3-й группы (см. табл. 1) соответствовало таковым величинам у испытуемых 1-й группы (до погружения). Однако при сравнении этих величин с соответствующими показателями во 2-й группе (до приема экстракта) отмечалось увеличение уровня триацилглицеринов на 30% ($p < 0,01$), свободных жирных кислот в 2 раза, эфиров жирных кислот на 24% ($p < 0,01$), а также снижение содержания холестерина на 20% ($p < 0,01$). Факт снижения холестерина объясняется способностью молекул полифенолов активировать фермент лецитин:холестерин-ацилтрансферазу (ЛХАТ) [3], который обуславливает выведение холестерина из мембраны и поступление в гепатоцит возросшего потока холестерина в этерифицированной форме в составе ЛПВП.

При погружении после приема калифена была выявлена тенденция к сохранению фракционного состава фосфолипидов относительно исходных показателей до погружения (см. табл. 2). При этом следует отметить достоверное увеличение на 20% количества фосфатидной кислоты (ФК), что вероятно обусловлено ее использованием в синтезе фосфолипидов для восстановления структуры мембран эритроцитов, нарушенных стрессом при гипербарии. В то же время, при сравнении полученных результатов после погружения на фоне приема калифена (3 группа) с таковыми до его приема (2 группа), отмечалось достоверное снижение уровня ЛФХ (на 40%; $p < 0,001$) и ЛФЭ (на 24%; $p < 0,001$), а также повышение содержания сфингомиелина (на 36%; $p < 0,05$). То есть, профилактический прием калифена сопровождался снижением активности фосфолипазы A_2 и восстановлением липидной составляющей мембран эритроцитов. Это объясняется способностью растительных полифенолов, входящих в состав калифена, ингибировать активность фосфолипаз, что препят-

ствовало образованию лизофракций фосфолипидов в мембранах эритроцитов и восстановило их проницаемость [5,20].

Таким образом, применение экстрактов растительного происхождения полифенольной природы при воздействии экстремальных факторов гипербарической среды является перспективным направлением. Профилактический прием БАД «Калифен»® позволит эффективно бороться с последствиями комплексного воздействия стрессовых факторов на организм водолазов, что, безусловно, увеличит их профессиональное и биологическое долголетие.

Выводы:

1. Единичные спуски водолазов на глубину до 60 м с использованием для дыхания сжатого воздуха сопровождалось выраженными изменениями в соотношении нейтральных и фосфолипидных фракций мембран эритроцитов, что обусловило изменение их размерных характеристик, а также снижение осмотической резистентности.
2. Профилактическое применение водолазами экстракта из калины «Калифен»® в течение двух месяцев способствовало сохранению физиологических характеристик эритроцитов и восстановлению липидной составляющей мембран эритроцитов до исходного уровня, фиксированного перед погружением.
3. Эффективность профилактического применения БАД «Калифен»® в условиях гипербарии и гипероксии обусловлена их антиоксидантными свойствами, способствующими формированию устойчивости организма к кислородной интоксикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 16–25)

1. Беннетт П.Б., Эллиотт Д.Г. Медицинские проблемы подводных погружений / Пер. с англ. — М.: Мир, 1988. — 672 с.
2. Венгеровский А.И., Маркова И.В., Саратиков А.С. // Вестник фарм. комитета. — 1999. — № 2. — С. 9–12.
3. Гаскина Т.К., Курилович С.А., Горчаков В.Н. // Вопросы медицины. — 1989. — Т. 35, № 4. — С. 24–28.
4. Калинина С.А. // Мед. труда и пром. экология. — 2009. — №5. — С. 18–22.
5. Куркин В.А., Рыжов В.М., Бирюкова О.В. и др. // Хим.-фарм. ж-л. — 2009. — Т. 43, №2. — С. 33–42.
6. Макаров В.К. // Патент на изобретение РФ № 2167424 и № 2187122. 2001.
7. Найдина В.П., Пепеляев Ю.В., Буравкова Л.Б. // Физиология человека. — 2009. — Т. 35, № 4. — С. 57–63.
8. Новицкий В.В., Рязанцева Н.В., Степоя Е.А. Физиология и патофизиология эритроцита. — Томск: Изд-во Томского ун-та. 2004. — 202 с.
9. Руководство по гипербарической оксигенации (теория и практика клинического применения) / под ред. С.Н. Ефун. — М.: Медицина, 1986. — 416 с.
10. Руководство по методам исследования параметров «Перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита» в биологических жидкостях / Т.П. Новгородцева, Э.А.

Эндакова, В.И. Янькова. — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2003. — 80 с.

11. Рыбальченко В.К., Коганов М.М. Структура и функции мембран. Практикум. — Киев: Выща шк. Головное изд-во, 1988. — 313 с.

12. Спрыгин В.Г., Кушнерова Н.Ф. // Хим-фарм. ж-л. — 2004. — Т. 38, № 2. — С. 41–45.

13. Стаценко А.В. // Медико-биолог. и социально-психол. проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — 2008. — № 1. — С. 7–11.

14. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф. // Мед. труда и пром. экология. — 2010. — № 12. — С. 38–44.

15. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Лесникова Л.Н. и др. // Физиология человека. — 2012. — Т. 38, № 1. — С. 99–104.

REFERENCES

1. Bennet P.B., Elliot D.G. Medical problems of underwater descents. — Moscow: Meditsina, 1988. — 672 p. (in Russian).

2. Vengerovskiy A.I., Markova I.V., Saratikov A.S. // Vedomosti farm. Komiteta. — 1999. — 2. — P. 9–12 (in Russian).

3. Gaskina T.K., Kurilovich S.A., Gorchakov V.N. // Vopr. med. Khimii. — 1989. — Vol. 35. — 4. — P. 24–28 (in Russian).

4. Kalinina S.A. // Industr. med. — 2009. — 5. — P. 18–22 (in Russian).

5. Kurkin V.A., Ryzhov V.M., Biryukova O.V., et al. // Khim.-farm. Zhurnal. — 2009. — Vol. 43. — 2. — P. 33–42 (in Russian).

6. Makarov V.K. // Patent RF N 2167424 and N 2187122. 2001 (in Russian).

7. Naydina V.P., Pepelyaev Yu.V., Buravkova L.B. // Fiziologiya cheloveka. — 2009. — Vol. 35. — 4. — P. 57–63 (in Russian).

8. Novitskiy V.V., Ryazantseva N.V., Stepovaya E.A. Physiology and pathophysiology of RBC. — Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 2004. — 202 p. (in Russian).

9. S.N. Efuni, ed. Manual on hyperbaric oxygenation (theory and practice of clinical application). — Moscow: Meditsina, 1986. — 416 p. (in Russian).

10. Novgorodtseva T.P., Endakova E.A., Yan'kova V.I. Manual on study methods of parameters «Lipid peroxidation — antioxidant defence» in biologic fluids. — Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. un-ta, 2003. — 80 p. (in Russian).

11. Rybal'chenko V.K., Koganov M.M. Structure and functions of membranes. Tutorial. — Kiev: Vyshcha shk. Golovnoe izd-vo, 1988. — 313 p. (in Russian).

12. Sprygin V.G., Kushnerova N.F. // Khim-farm. Zhurnal. — 2004. — Vol. 38. — 2. — P. 41–45 (in Russian).

13. Statsenko A.V. // Mediko-biolog. i sotsial'no-psikhol. problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh. — 2008. — 1. — P. 7–11 (in Russian).

14. Fomenko S.E., Kushnerova N.F. Industr. med. — 2010. — 12. — P. 38–44 (in Russian).

15. Fomenko S.E., Kushnerova N.F., Lesnikova L.N., et al. // Fiziologiya cheloveka. — 2012. — Vol. 38. — 1. — P. 99–104 (in Russian).

16. Amenta J.S. // J. Lipid. Res. — 1964. — Vol. 5. — No 2. — P. 270–272.

17. Barshtein G., Bergelsen L., Gratton E. et al. // J. Basic. Clin. Pyhsiol. Pharmacol. — 1996. — Vol. 7. — No 4. — P. 321–329.

18. Folch J., Less M., Sloane-Stanley G.H. // Biol. Chem. — 1957. — Vol. 226. — P. 497–509.

19. Hofso D., Ulvik R.J., Segadal K. et al. // Eur. J. Appl. Physiol. — 2005. — Vol. 95. — P. 191–196.

20. Lindahl M., Tagesson C. // Inflammation. — 1997. — Vol. 21. — No 3. — P. 347–356.

21. Macdonald A. G. // Biochemica and Biophysica Acta. — 2002. — Vol. 1595. — No 1–2. — P. 387–389.

22. Pietta P.G. // J. Natur. Prod. — 2000. — Vol. 63. — № 7. — P. 1035–1042.

23. Rouser G., Kritchevsky G., Yamamoto A. // Lipid Chromatogr. Anal. / Ed. G.V. Marinetti. — New York: Dekker, 1967. — Vol. 1. — P. 99–162.

24. Sureda A., Ferrer M.D., Batle J.M. et al. // Med. Sci. Sports Exerc. — 2009. — Vol. 41. — No 6. — P. 1271–1276.

25. Vaskovsky V.E., Kostetsky E.Y., Vasenden I.M. // J. Chromatography. — 1975. — Vol. 114. — No 1. — P. 129–141.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Фоменко Светлана Евгеньевна (Fomenko S.E.),

вед. науч. сотр. лаб. биохимии ФГБУН Тихоокеанский океанологический ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН, канд. биол. наук. E-mail: fomenko29@mail.ru.

Кушнерова Наталья Федоровна (Kushnerova N.F.),

зав. отд. биохимических технологий ФГБУН Тихоокеанский океанологический ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ДВФУ, Школа биомедицины, д-р биол. наук, проф. E-mail: natasha50@mail.ru.

Момот Татьяна Викторовна (Momot T.V.),

науч. сотр. лаб. фармакологии ФГБУН Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, канд. мед. наук. E-mail: kushnerova83@mail.ru.

Л.А. Шпагина, О.С. Котова, И.С. Шпагин, О.Н. Герасименко

**ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ХРОНИЧЕСКАЯ ОБСТРУКТИВНАЯ БОЛЕЗНЬ ЛЕГКИХ:
ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**ГБОУ ВПО Новосибирский государственный медицинский университет министерства здравоохранения РФ,
ул. Ползунова 21, Новосибирск, Россия, 630051

Перспективное когортное наблюдательное исследование фенотипических особенностей ХОБЛ, сформировавшейся в условиях действия разных профессиональных этиологических факторов в сравнении с ХОБЛ табакокурения. Всего включено 170 больных ХОБЛ (критерии GOLD 2011). В зависимости от экзогенного этиологического фактора осуществляли параллельный набор участников в три страты: ХОБЛ от действия токсико-химического аэрозоля ($n=42$), ХОБЛ от действия неорганической пыли ($n=55$), ХОБЛ табакокурения ($n=73$). Оценивали влияние эколого-производственных условий на основные проявления болезни. Статистический анализ: сравнение количественных переменных — Kruskal-Wallis ANOVA, качественных переменных — критерий χ^2 , влияние независимой переменной на зависимую — однофакторная и многофакторная регрессия, $p=0,05$. Для ХОБЛ от действия токсико-химического аэрозоля были характерны редкие, но тяжелые обострения (всего обострений 366/427 человеко/лет, тяжелых — 312/427 человеко/лет), тяжелая одышка ($mMRC\ 2,5 \pm 0,12$ балла), наименьшее снижение ОФВ1 ($65,7\% \pm 3,21\%$) и наименьшая скорость прогрессирования бронхообструкции (снижение ОФВ1 на $0,08 \pm 0,006$ мл в год), эмфизема, легочная гипертензия, низкий уровень VEGFA сыворотки. Для ХОБЛ от действия пыли были характерны гиперреактивность бронхов (у 45% больных), кашель, редко тяжелые обострения (всего обострений 825/537 человеко/лет, тяжелых — 227/537 человеко-лет), меньше тяжесть одышки ($mMRC\ 1,9 \pm 0,13$ балла), сопутствующий интерстициальный фиброз, «средний» уровень VEGFA.

Ключевые слова: хроническая обструктивная болезнь легких, фенотип, промышленный аэрозоль.

L.A. Shpagina, O.S. Kotova, I.S. Shpagin, O.N. Gerasimenko. **Occupational chronic obstructive lung disease: phenotypic characteristics**

Novosibirsk State Medical University, 21, Polzunova Str., Novosibirsk, Russia, 630051

Prospective cohort observational study covered phenotypic features of COLD formed under influence of various occupational etiologic factors vs. COLD caused by tobacco smoking. The study included totally 170 COLD patients (2011 criteria of COLD). In accordance with exogenous etiologic factor, the authors selected examinees in 3 strata simultaneously: COLD due to toxico-chemical aerosols ($n = 42$), COLD due to inorganic dust ($n = 55$), COLD due to tobacco smoking ($n = 73$). Evaluation covered influence of ecologic and industrial conditions on main manifestations of the disease. Statistic analysis: comparison of quantitative variables — Kruskal-Wallis ANOVA, quantitative variables — criteria χ^2 , influence of independent variable on the dependent one — single-factor and multi-factor regression, $p = 0,05$. For COLD due to toxico-chemical aerosol, characteristics are rare but severe exacerbations (total amount is 366/427 person-years, severe ones — 312/427 person-years), severe dyspnea ($mMRC\ 2,5 \pm 0,12$ points), minimal decrease of FEV1 ($65,7\% \pm 3,21\%$) and minimal speed of bronchial obstruction progress (decrease of FEV1 by $0,08\ ml \pm 0,006\ ml$ per year), emphysema, pulmonary hypertension, low serum level of VEGFA. For COLD due to dust, characteristics were bronchial hyperreactivity (in 45% of patients), cough, rare severe exacerbations (total exacerbations 825/537 person-years, severe ones — 227/537 person-years), lower dyspnea intensity ($mMRC\ 1,9 \pm 0,13$ points), concomitant interstitial fibrosis, «average» level of VEGFA.

Key words: chronic obstructive lung disease, phenotype, industrial aerosol.

Введение. Роль промышленных аэрозолей как этиопатогенетических факторов хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) в настоящее время можно считать доказанной в достаточной мере. Добавочная доля риска ХОБЛ, обусловленная профессиональными факторами, составляет не менее 20% [13]. С 2002 г. это заболевание включено в Список профессиональных заболеваний, рекомендованный для стран-членов Международной организации труда

[4], в 2012 г. — в Национальный перечень профессиональных заболеваний Российской Федерации [3]. Профессиональная ХОБЛ может быть определена как заболевание, характеризующееся частично необратимым ограничением воздушного потока, феноменом «воздушных ловушек» и формированием эмфиземы, которые, как правило, имеют неуклонно прогрессирующий характер и вызваны аномальной воспалительной реакцией легочной ткани на раздражение патогенными ча-

стицами и газами производственной среды [7]. В этом определении подчеркнута основа ХОБЛ — хроническое воспаление в легочной ткани в ответ на действие патогенных частиц и газов, содержащихся в воздухе промышленной зоны, которое приводит к ремоделированию бронхиол с развитием бронхообструкции и к деструкции легочной паренхимы с формированием эмфиземы. ХОБЛ — это комплексное (патогенез включает множество компонентов, находящихся во взаимосвязи) и гетерогенное заболевание (у разных больных присутствуют разные компоненты в различной степени), следовательно, индивидуализация ведения и лечения этих больных — актуальная задача, одним из способов решения которой является выявление маркеров, объединяющих случаи со сходными клинико-инструментальными, лабораторными признаками и прогнозом, т. е. фенотипирование [2, 8]. Результаты последних исследований указывают на возможность влияния экзогенного этиопатогенетического фактора на проявления ХОБЛ. Наличие одновременно профессионального фактора и курения увеличивает тяжесть болезни в целом [21], экспозиция дыма и газа ассоциирована с бронхитом, а неорганической пыли с большей тяжестью симптомов [22], биорезистентная пыль ассоциирована только с ХОБЛ, тогда как ХОБЛ, вызванная кварцевой или асбестовой пылью, всегда сопровождается значительными фиброзными изменениями легких [12]. Доступные в настоящее время данные о влиянии определенного внешнего фактора на особенности течения ХОБЛ немногочисленны и зачастую противоречивы.

Целью настоящего исследования было выявить фенотипические особенности ХОБЛ, сформировавшейся в условиях действия токсико-химического и пылевого факторов, в сравнении с ХОБЛ табакокурения.

Материалы и методы. Проведено одноцентровое проспективное когортное наблюдательное исследование 170 больных ХОБЛ. Дизайн исследования и план характеристики фенотипа — рис. 1. В зависимости от действующего эколого-производственного фактора пациентов включали параллельно в три страты: первая — ХОБЛ от действия токсико-химического аэрозоля ($n = 42$), вторая — ХОБЛ от действия аэрозоля неорганической пыли ($n = 55$), третья — ХОБЛ табакокурения. Диагноз ХОБЛ устанавливали на основании критериев Gold 2011: соотношение объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1) к форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) менее или равно 0,7 [15]. Критерии включения и исключения — табл. 1. Группы были сопоставимы по возрасту, полу, доле курильщиков, индексу пачка-лет, длительности ХОБЛ, длительности действия фактора ($p < 0,05$). Продолжительность наблюдения составила $10,0 \pm 1,98$ лет. Основные характеристики больных представлены в табл. 2.

Экспертиза связи заболевания с профессией осуществлена на базе центра профессиональной патологии ГБУЗ НСО ГКБ2 г. Новосибирска. Длительность

экспозиции, состав промаэрозоля устанавливали по данным санитарно-гигиенических характеристик условий труда. Для оценки статуса курения проводили анкетирование больных. Профессия больных группы ХОБЛ от действия токсико-химического промаэрозоля — маляры (машиностроительная отрасль), основные компоненты промаэрозоля — ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, уайт-спирит), среднесменная и кумулятивная концентрация которых составила 2,5–6 ПДК. Профессии больных группы ХОБЛ от действия пыли — машинист буровой установки, проходчик, слесарь по ремонту агрегатов, слесарь систем вентиляции (горнодобывающая, стекольная промышленность), среднесменная концентрация умереннофиброгенной пыли в воздухе рабочей зоны составила 2,5–6 ПДК. Обследование, наблюдение и лечение больных осуществляли в соответствии с действующими рекомендациями [6, 15].

Всем больным выполнены: оценка жалоб, оценка анамнеза по данным, сообщенным самим больным и по данным медицинской документации (паспорт здоровья, амбулаторная карта, выписка из карты стационарного больного), физикальное исследование, спирография согласно стандарта ATS/ERS 2005 [19] с определением постбронходилататорных ОФВ1/ФЖЕЛ и ОФВ1 (спирограф Micro Lab Care Fusion, США), проведением пробы с физической нагрузкой, бодиплетизмография с определением функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ), общего объема легких (ОЕЛ), остаточного объема легких (ООЛ) и отношения ООЛ/ОЕЛ [5] (бодиплетизмограф Q-box, Германия), рентгенография грудной клетки. Доплер эхокардиография с расчетом среднего давления в легочной артерии (СДЛА), легочного сосудистого сопротивления (ЛСС) [1] (ультразвуковой сканер Mindray DC-7, Китай), оценка обострений [15], оценка тяжести одышки (вопросник mMRC) [10], тест 6-минутной ходьбы (ТШХ) согласно стандарта ATS 2002 [9], оценка тяжести кашля по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), цитологическое исследование индуцированной мокроты [11], эозинофилия крови, исследование фракции оксида азота в выдыхаемом воздухе (FENO) (NIOX MINO (Aerocrine AB, Швеция)), оценка соответствия фенотипу астма-ХОБЛ (анкета GOLD 2016) [15]. Методом твердофазного иммуноферментного метода сэндвич типа (ELISA) в сыворотке крови больных определяли концентрацию фактора роста эндотелия сосудов (VEGF A) на иммуноферментном 8-канальном планшетном фотометре «Expert Plus» фирмы «Asyshitech» (Австрия), стандартная длина волны измерения 450 нм. Результаты исследования концентрации VEGF A-сыворотки больных сравнивали с результатами исследования практически здоровых людей (контрольная группа, доноры, $n = 60$).

Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Statistica 9.0. Критический уровень значимости $p = 0,05$. Соответствие дан-

Таблица 1

Критерии включения в исследование и критерии исключения

Критерий включения	Критерий исключения
1) информированное согласие на участие в исследовании 2) диагноз ХОБЛ, соответствующий критериям Gold 2011 [15] 3) мужчины и женщины в возрасте от 18 до 80 лет 4) в первую страту — наличие документированной экспозиции токсико-химического промаэрозоля с превышением ПДК на рабочем месте 5) во вторую страту — наличие документированной экспозиции неорганической пыли с превышением ПДК на рабочем месте. 6) в третью страту — табакокурение более 5 лет и одновременно отсутствие профвредностей	1) отсутствие информированного согласия больного 2) другие, кроме ХОБЛ, заболевания бронхолегочной системы, за исключением простого хронического бронхита (бронхиальная астма как основной диагноз, атопическая бронхиальная астма, туберкулез легких, бронхоэктатическая болезнь, муковисцидоз, интерстициальные болезни легких) 3) состояния, кроме ХОБЛ, сопровождающиеся развитием эозинофилии 4) другие, кроме ХОБЛ, воспалительные заболевания (включая аутоиммунные и активные очаги хронической инфекции, паразитозы) 5) ВИЧ инфекция 6) рак легкого или злокачественное новообразование любой другой локализации 7) профессиональные заболевания органов дыхания 8) левожелудочковая сердечная недостаточность стадии IIА, IIВ, III 9) неспособность понимать и выполнять требования протокола исследования 10) наличие противопоказаний к диагностическим процедурам, предусмотренным протоколом исследования.

Таблица 2

Характеристика больных

Параметр	ХОБЛ от действия токсико-химического аэрозоля, n = 42	ХОБЛ от действия аэрозоля неорганической пыли, n = 55	ХОБЛ табакокурения, n = 73	p
Возраст, лет	64,5±1,39	64,3±1,17	64,1 ± 1,30	0,9
мужчин,% женщин,%	36 (86%) 6 (14%)	50 (91%) 5 (9%)	64 (88%) 9 (12%)	0,4
Длительность действия эколого-производственного фактора, лет	26,0±1,45	25,4±1,27	26,1±0,96	0,7
Интенсивность действия эколого-производственного фактора	Среднесменная концентрация бензола в воздухе рабочей зоны 9,3 ± 0,032 мкг/м ³	Среднесменная концентрация пыли в воздухе рабочей зоны 15,1 ± 3,42 мг/м ³	Индекс пачка-лет 15 ± 3,26	—
Длительность болезни, лет	19,7 ± 1,23	18,9±1,04	18,7 ± 0,58	0,7
Категория ХОБЛ А-В, n,% С-D, n,%	26 (62%) 16 (38%)	29 (53%) 26 (47%)	36 (49%) 37 (51%)	0,2 0,2
Доля курящих, n,%	13 (32%)	17 (31%)	-	0,9
Индекс пачка-лет	14,9 ± 4,01	15,8 ± 2,13	15 ± 3,26	0,9

ных нормальному распределению определено методом Колмогорова-Смирнова. Описательная статистика — средняя и стандартная ошибка средней (данные представлены в виде $M \pm m$) для количественных переменных, для качественных переменных определены их доли. Для сравнения количественных переменных

независимых выборок применяли метод Kruskal-Wallis Анова с последующим попарным сравнением при помощи критерия Данна. Для сравнения качественных переменных использован критерий χ^2 . Десятилетняя выживаемость без легочной гипертензии определена методом Каплан-Майер, достоверность различий

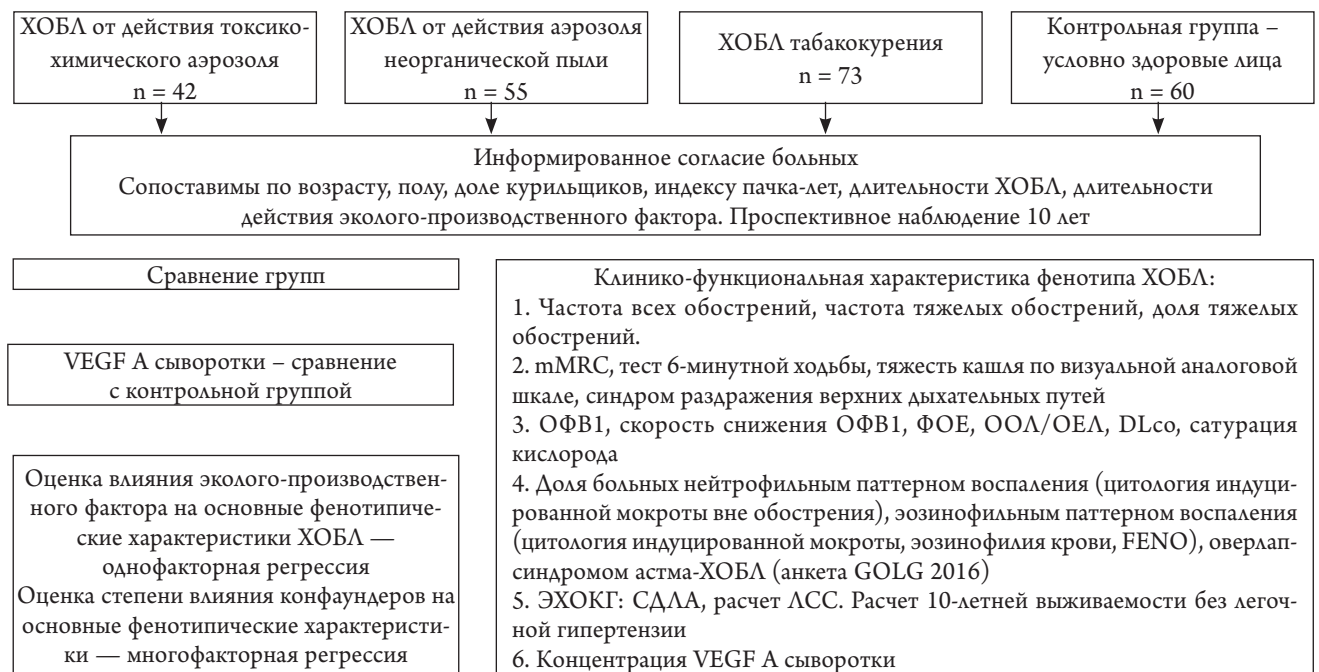


Рис. 1. Дизайн исследования

между группами — логранговый критерий. Влияние эколого-производственного фактора на основные клинические и функциональные параметры, характеризующие фенотип, определяли однофакторной линейной регрессией, затем проведен множественный регрессионный анализ для оценки влияния возможных конфаундеров.

Биоэтика. Дизайн исследования и текст информированного согласия утверждены локальными этическими комитетами ГБОУ ВПО Новосибирский государственный медицинский университет и ГБУЗ НСО «ГКБ 2».

Результаты и обсуждение. При исследовании тяжести симптомов ХОБА (табл. 3) в группах действия разных эколого-производственных факторов выявлено, что счет mMRC наибольший в группе ХОБА от действия химического фактора, меньше в группе ХОБА табакокурения и наименьший в группе ХОБА от действия пыли. Тяжесть кашля, оцененная по ВАШ, была выше в группе ХОБА от действия пыли, меньше в группе ХОБА табакокурения, наименьшая — в группе ХОБА от действия химического фактора. У больных обеих групп профессиональной ХОБА наблюдали сухой малопродуктивный кашель, у больных ХОБА табакокурения кашель был продуктивным. Для ХОБА от действия пыли было характерно наличие синдрома гиперреактивности бронхов, который проявлялся сухим приступообразным кашлем, появлением сухих хрипов в легких и ощущением «першения» в горле при действии пыли и раздражителей. Тест с физической нагрузкой у этих больных был отрицательный, вероятно, за счет вовлечения в патологический процесс преимущественно крупных бронхов. Данный синдром выявляли у 25 (45%) больных ХОБА от действия пыли, у 6 (14%) больных от действия химического про-

маэрозоля и у 3 (4%) больных ХОБА табакокурения, $p = 0,0001$. Толерантность к физической нагрузке минимальная в группе ХОБА от действия химического фактора, максимальная в группе ХОБА от действия пыли. У больных ХОБА от действия химического фактора число всех обострений было наименьшим, но число тяжелых обострений наибольшим из исследуемых групп (85% обострений в данной группе больных — тяжелые). Наибольшее число всех обострений наблюдали в группе ХОБА табакокурения (тяжелых обострений 34%). Наименьшая доля тяжелых обострений была характерна для ХОБА от действия пыли — 27%. Эозинофильный тип воспаления встречался у 25 (59%) больных ХОБА от действия химического фактора, у 17 (31%) больных ХОБА от действия пыли и у 26 (36%) больных ХОБА табакокурения, $p = 0,013$. При этом стойкая эозинофилия наблюдалась у 15 (21%) больных ХОБА табакокурения и только у 4 (10%) больных ХОБА от действия химического фактора и у 2 (4%) больных ХОБА от действия пыли, в остальных случаях эозинофилия крови и мокроты, повышенные FENO выявлялись эпизодически, что определяет риск гиподиагностики эозинофильного воспаления у больных профессиональной ХОБА. Фенотип астма-ХОБА наблюдали у 7 (16%) больных ХОБА от действия химического фактора, у 3 (5%) больных ХОБА от действия пыли и у 7 (10%) больных ХОБА табакокурения, $p = 0,01$.

Результаты исследования вентиляционной функции и легочных объемов следующие. В группе ХОБА табакокурения ОФВ1 был значительно меньше, чем в группах профессиональной ХОБА — $55,0\% \pm 2,16\%$ против $60,9\% \pm 2,05\%$ в группе ХОБА от действия пыли и $65,7\% \pm 3,21\%$ в группе ХОБА от действия химического фактора, $p = 0,0016$. Снижение ОФВ1 за

Таблица 3

Симптомы и обострения ХОБА

Признак	ХОБА от действия токсико-химического аэрозоля	ХОБА от действия аэрозоля неорганической пыли	ХОБА табакокурения	Р
Тяжесть одышки: счет mMRC, баллы	$2,5 \pm 0,12$	$1,8 \pm 0,11$	$1,9 \pm 0,13$	0,0002
Тяжесть кашля, ВАШ, см	$3,1 \pm 0,1$	$6,9 \pm 1,14$	$5,0 \pm 1,06$	0,0001
Толерантность к физической нагрузке: тест 6-минутной ходьбы, м	$238,5 \pm 12,07$	$317,4 \pm 10,55$	$256,8 \pm 9,16$	0,0002
Всего обострений, человеко-лет	366/427	825/537	662/629	0,001
Тяжелых обострений, человеко-лет	312/427	227/537	214/629	0,001

Примечание: р — различия достоверны между тремя группами.

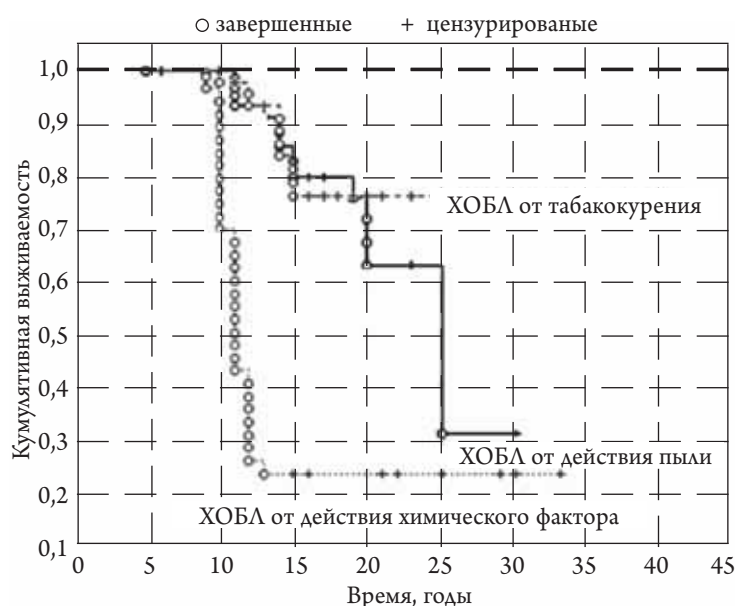


Рис. 2. Время развития легочной гипертензии

год также было самым значительным при ХОБА табакокурения — $0,26 \text{ мл} \pm 0,006 \text{ мл}$, тогда как при ХОБА, сформировавшейся в условиях действия пыли — $0,20 \text{ мл} \pm 0,009 \text{ мл}$, при ХОБА от действия химического фактора — $0,08 \text{ мл} \pm 0,006 \text{ мл}$, $p = 0,0001$. Функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ) — показатель, отражающий статическую гиперинфляцию, была выше при ХОБА от действия химического фактора ($158,6 \pm 1,11\%$), меньше в группе ХОБА табакокурения ($141,4 \pm 0,21\%$) и наименьшей в группе ХОБА от действия пыли ($130,6 \pm 0,71\%$), $p = 0,0001$. Показатель отношения остаточного объема легких к общей емкости легких (ООЛ/ОЕЛ), характеризующий динамическую гиперинфляцию, также был выше в группе ХОБА от действия химического фактора $63,6 \pm 0,49\%$ (резкое повышение у всех больных); в группе ХОБА табакокурения $53,8 \pm 0,34\%$ (значительное повышение у 98% больных), в группе ХОБА от действия пыли $48,7 \pm 0,50\%$ (умеренное повышение у 96% больных), $p = 0,0001$. Небольшие значения гиперинфляции при ХОБА от действия пыли могут быть объяснены сопутствующим интерстициальным фиброзом, что было подтверждено данными рентгенографии грудной клетки: пневмосклероз выявляли у 95% больных ХОБА от действия пыли, у 60% боль-

ных ХОБА табакокурения и у 5% больных ХОБА от действия химического фактора, $p = 0,001$. Легочная гипертензия (ЛГ) в течение 10 лет (рис. 2.) развилась у 74% больных ХОБА, сформировавшейся при действии химического фактора, у 8% больных ХОБА табакокурения и у 8% больных ХОБА от действия пыли ($p = 0,0001$ по отношению к группе ХОБА от действия химического фактора). Значения СДЛА и ЛСС находились в пределах умеренной степени тяжести ЛГ и были выше при ХОБА от действия химического фактора — $36,3 \pm 2,05 \text{ мм рт. ст}$ и $356,6 \pm 22,02 \text{ дин/с/см}^{-5}$; при ХОБА от действия пыли — $23,2 \pm 0,87 \text{ мм рт. ст}$ и $181,0 \pm 8,80 \text{ дин/с/см}^{-5}$, при ХОБА табакокурения — $23,1 \pm 1,03 \text{ мм рт. ст}$ и $140,5 \pm 4,41 \text{ дин/с/см}^{-5}$, $p = 0,001$.

Концентрация VEGF A в сыворотке больных ХОБА была значимо меньше, чем в контрольной группе, в которой этот показатель составил $1103,13 \pm 74,326 \text{ пг/мл}$. Наименьшей оказалась концентрация VEGF A сыворотки у больных ХОБА от действия химического фактора — $129,9 \pm 24,79 \text{ пг/мл}$, в группе ХОБА от действия пыли $489,2 \pm 73,93 \text{ пг/мл}$, при ХОБА табакокурения $852,7 \pm 73,81 \text{ пг/мл}$, $p = 0,0001$ (различия достоверны и по отношению к контролю, и между группами больных).

Таблица 4

Результаты однофакторного регрессионного анализа — влияние фактора риска на основные проявления ХОБЛ

Параметр	Константа	B	R	R Square	Adjusted R Square	F критерий	Std. Error of the Estimate	P
mMRC	0,1	0,92	0,2	0,04	0,035	6,0	0,9	0,02
Тест 6-минутной ходьбы	163,7	1,6	0,3	0,1	0,1	20,9	79,7	0,009
Кашель	0,01	0,99	0,8	0,7	0,7	322,3	1,0	0,001
Частота всех обострений	0,004	1,0	0,5	0,2	0,2	48,5	0,76	0,001
Частота тяжелых обострений	0,04	0,95	0,3	0,07	0,06	12,2	0,39	0,001
Эозинофилы крови	4,3	0,98	0,4	0,19	0,19	39,4	61,1	0,001
ОФВ1	4,7	1,08	0,2	0,06	0,06	11,1	18,4	0,001
Динамика ОФВ1	0,0005	1,0	0,8	0,6	0,6	279,3	0,05	0,001
ФОЕ	0,01	1,0	0,9	0,8	0,8	814,5	4,8	0,001
ООЛ/ОЕЛ	0,1	0,99	0,9	0,75	0,75	508,6	3,24	0,001
СДЛА	0,6	1,0	0,6	0,3	0,3	74,2	8,8	0,001
ЛСС	6,4	0,98	0,7	0,5	0,5	162,9	86,3	0,001
VEGF	11,9	0,98	0,6	0,4	0,4	49,2	338,9	0,001

Примечания: B — коэффициент регрессии, R — коэффициент корреляции между прогнозом и фактическим значением, R Square — квадрат коэффициента корреляции между прогнозом и фактическим значением, Adjusted R Square — квадрат коэффициента корреляции между прогнозом и фактическим значением, поправленный на авторешаемость, Std. Error of the Estimate — стандартная ошибка.

Однофакторный регрессионный анализ показал статистически значимое влияние эколого-производственного фактора на значения параметров, характеризующих основные изучаемые фенотипические характеристики ХОБЛ (табл. 4). В многофакторном регрессионном анализе при оценке влияния на фенотипические характеристики ХОБЛ одновременно эколого-производственного фактора и возможных конфундеров, в качестве которых исследованы возраст, пол, время действия эколого-производственного фактора, значение индекса пачка-лет, длительность ХОБЛ, частота обострений, частота тяжелых обострений, влияние экзогенного этиопатогенетического фактора оставалось статистически значимым (за исключением влияния на результаты ТШХ).

Таким образом, для ХОБЛ от действия токсико-химического фактора были характерны: тяжелая одышка, низкая толерантность к физической нагрузке при небольшой выраженности кашля или его отсутствии, редкие, но тяжелые обострения, наименьшее снижение ОФВ1 и наименьшая скорость прогрессирования бронхообструкции, эмфизема и тяжелая гиперинфляция, легочная гипертензия, часто эозинофильный тип воспаления и оверлап синдром астма-ХОБЛ, низкий уровень VEGF A. Для ХОБЛ от действия неорганической пыли были характерны: гиперреактивность бронхов, кашель, редко тяжелые обострения, меньше тяжесть одышки и выше толерантность к физической нагрузке, меньше эмфизема и гиперинфляция, сопутствующие интерстициальные фиброзные изменения в легких, меньше легочная гипертензия, редко эозинофильный тип воспаления, «средний» уровень VEGF A сыворотки — выше, чем при действии химического фактора, но меньше чем при ХОБЛ табакокурения.

Экзогенный этиопатогенетический фактор влияет на фенотипические характеристики ХОБЛ вероятно, за счет того, что разные по своим биологическим свойствам факторы вызывают разный паттерн воспалительного ответа. Одним из компонентов этого паттерна может быть дисбаланс в системе VEGF. Известно, что для ХОБЛ в целом характерен низкий уровень VEGF в легочной ткани. Так, концентрация VEGF в промывных водах бронхов курильщиков с ХОБЛ существенно ниже, чем курильщиков без ХОБЛ и здоровых лиц [17]. Ассоциация снижения уровня VEGF с развитием эмфиземы выявлена в обсервационных исследованиях [16], также активация процессов апоптоза альвеолярных клеток и развитие эмфиземы в условиях отсутствия действия VEGF A показана в эксперименте на животных с блокадой рецепторов VEGFR2 [18]. В нашем исследовании наибольшая степень гиперинфляции и эмфиземы была связана с действием химического фактора, одновременно у этой же группы больных наблюдали наиболее низкий уровень VEGF A. Результаты экспериментальных данных указывают на роль дефицита VEGF в развитии сосудистого компонента ХОБЛ. Так, блокада рецепторов VEGFR2 и одновременно активация воспаления приводила к облитерации сосудов микроциркуляторного русла системы легочной артерии и развитию легочной гипертензии [20]. VEGF один из ключевых ангиогенных факторов, и его дефицит приводит к редукции микроциркуляторного сосудистого русла за счет двух основных механизмов: первый — замедление/прекращение неоангиогенеза в отсутствие стимулирующего фактора, второй — увеличение регрессии сосудов в отсутствие VEGF сигнала эндотелиальным клеткам на выживание [14].

Наблюдаемое повышение ЛСС и СЛДА в группе ХОБЛ от действия химического фактора может быть связано с дефицитом VEGF.

Заключение. Профессиональная ХОБЛ от действия токсико-химического фактора и от действия пылевого фактора являются отдельными фенотипами заболевания и требуют дифференцированной терапевтической стратегии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 8–22)

1. Бакшеев В.И., Коломоец Н.М., Турсунова Г.Ф. // Клинич. мед. — 2006. — №10. — С. 16–23
2. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Кузьмина Л.П. // Мед. труда и пром. экология. — 2013. — № 6. — С. 7–12.
3. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 27.04.2012 №417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний», зарегистрирован в Минюсте 15.05.2012 г., рег. №24168
4. Рекомендация МОТ № 194. О перечне профессиональных заболеваний, уведомлении о несчастных случаях на производстве и профессиональных заболеваниях и их регистрации. [Электронный ресурс]. URL: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=625 (дата обращения: 21.06.2016).
5. Савушкина О.И., Черняк А.В. // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. — 2013. — №2. — С. 38–41
6. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни легких / Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Авдеев С.Н. и др. // [Электронный ресурс]. URL http://193.232.7.120/feml/clinical_ref/0001372263S/HTML/#1 (дата обращения: 21.10.2015).
7. Чучалин А.Г., Шпагина Л.А., Васильева О.С. и др. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких // Профессиональные заболевания органов дыхания. Национальное руководство. — М.: Geotar, 2015. — С. 293–338.

REFERENCES

1. Baksheev V.I., Kolomoets N.M., Tursunova G.F. // Klinicheskaya meditsina. — 2006. — 10. — P. 16–23 (in Russian).
2. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Kuz'mina L.P. // Industr. med. — 2013. — 6. — P. 7–12 (in Russian).
3. RF Health and social development Ministry Order on 27/04/2012 N 417n «On approval of list of occupational diseases», registered in Justice Ministry on 15/05/2012, reg N 24168 (in Russian).
4. WLO Recommendations N 194. On list of occupational diseases, notification of occupational accidents and occupational diseases and their registration. URL: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=625 (accessed on 21/06/2016).
5. Savushkina O.I., Chernyak A.V. // Atmosphere. Pul'monologiya i allergologiya. — 2013. — 2. — P. 38–41 (in Russian).
6. Chuchalin A.G., Aysanov Z.R., Avdeev S.N., et al. Federal clinical recommendations on diagnosis and treatment of chronic obstructive lung disease. URL http://193.232.7.120/feml/clinical_ref/0001372263S/HTML/#1 (accessed at 21/10/2015).

7. Chuchalin A.G., Shpagina L.A., Vasil'eva O.S., et al. Occupational chronic obstructive lung disease. Occupational respiratory diseases. National manual. — Moscow: Geotar, 2015. — P. 293–338 (in Russian).

8. Agusti A., Bel E., Thomas M. et al. // EurRespir J. — 2016. — Vol. 47. — P. 410–419.

9. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. // Am J RespirCrit Care Med. — 2002. — Vol. 166. — P. 111–117.

10. Bestall J.C., Paul E.A., Garrod R. et al. // Thorax. — 1999. — Vol. 54. — P. 581–586.

11. Brightling C.E., Monterio W., Green R.H., et al. // RespirMed. — 2001. — Vol. 95. — P. 999–1002.

12. Bröske I., Thiering E., Heinrich J. et al. // PLoS One. — 2013. — Vol. 8. — e80977.

13. Darby A.C., Waterhouse J.C., Stevens V. et al. // Thorax. — 2012. — Vol. 67. — P. 901–907.

14. García-Lucio J., Argemi G., Tura-Ceide O. et al. // Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol. — 2016. — Vol. 310. — P. L583–592.

15. Global Initiative for chronic obstructive lung disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (revised 2016). Available from URL: <http://www.goldcopd.org/guidelines-global-strategy-for-diagnosis-management.html>. 2016.

16. Kanazawa H., Asai K., Hirata K., Yoshikawa J. // Am J Med. — 2003. — Vol. 114. — P. 354–358.

17. Kanazawa H., Tochino Y., Asai K., Hirata K. // Chest. 2014. — Vol. — 146. — P. 1159–1165

18. Kasahara Y., Tudor R.M., Taraseviciene-Stewart L. et al. // J Clin Invest. — 2000. — Vol. 106. — P. 1311–1319.

19. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. et al. // Am J RespirCrit Care Med. — 2015. — Vol. 191. — P. 557–565.

20. Mizuno S., Farkas L., Al Hussein A. et al. // Am J Respir Cell Mol Biol. — 2012. — Vol. 47. — P. 679–687

21. Paulin L.M., Diette G.B., Blanc P.D. et al. // Am J RespirCrit Care Med. — 2015. — Vol. 191. — P. 557–565.

22. Rodríguez E., Ferrer J., Zock J.P. et al. // PLoS One. — 2014. — Vol. 9. — e88426.

Поступила 25.07.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Шпагина Любовь Анатольевна (Shpagina L.A.),
зав. каф. госпит. терапии и мед. реабилитации ГБОУ ВПО НГМУ, д-р мед. наук, проф. E-mail: mkb-2@yandex.ru.
- Котова Ольга Сергеевна (Kotova O.S.),
доц. каф. госпит. терапии и мед. реабилитации ГБОУ ВПО НГМУ, канд. мед. наук. E-mail: ok526@yandex.ru.
- Шпагин Илья Семенович (Shpagin I.S.),
ас. каф. терапии, гематологии и трансфузиологии ГБОУ ВПО НГМУ, канд. мед. наук. E-mail: mkb-2@yandex.ru.
- Герасименко Оксана Николаевна (Gerasimenko O.N.),
проф. каф. госпит. терапии и мед. реабилитации ГБОУ ВПО НГМУ, д-р мед. наук, проф. E-mail: mkb-2@yandex.ru.

В.А. Попкова

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНДОКРИННОГО ПРОФИЛЯ РАБОЧИХ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА

Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН, пр-т Ломоносова, д. 249, Архангельск, Россия, 163061

Всего обследовано 245 человек. Приведена характеристика эндокринного статуса работников целлюлозно-бумажного комбината за 2011–2012 гг. в сравнении с данными 1990 г., также сопоставление с контрольными группами неработающих в условиях химической промышленности мужчин г. Архангельска. Показано общее снижение уровней кортизола, тироксина, прогестерона, тестостерона, инсулина, соматотропина как у сотрудников, так и у группы контроля и повышение содержания эстрадиола в сыворотке крови. При этом внутри групп сохранились достоверные направленности увеличения содержания кортизола, тироксина, инсулина, соматотропного гормона (СТГ) и снижения концентрации прогестерона у сотрудников комбината по сравнению с контролем. Положительной тенденцией явилось отсутствие выходящих за норму концентраций инсулина, соматотропина и снижение частоты выявления высоких концентраций кортизола у работников комбината в современных условиях.

Ключевые слова: гормоны, эндокринный профиль, целлюлозно-бумажное производство, химические факторы, факторы производства, арктическая зона.

V.A. Popkova. **Changes in endocrine profile of workers in pulp and paper plant**

Institute of Environmental Physiology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 249, Lomonosova pr., Arkhangelsk, Russia, 163001

Examination covered 245 individuals and included characteristics of endocrine state of pulp and paper plant workers over 2011–2012, in comparison with data from 1990, as well as comparison with reference groups of male workers with no contact with chemical industry in Arkhangelsk. Findings are both in main and reference groups general decrease in levels of cortisol, thyroxin, progesterone, testosterone, insulin, somatotropin and increased serum level of estradiol. With that, inside both groups, reliable tendencies to increased levels of cortisol, thyroxin, insulin, SSH and lower concentration of progesterone in the pulp and paper plant workers vs. the reference group members. Positive tendency was absence of abnormal concentrations of insulin, SSH and lower frequency of high cortisol levels in the pulp and paper plant workers nowadays.

Key words: hormones, endocrine profile, pulp and paper production, chemical factors, occupational factors, arctic zone.

Длительные исследования состояния организма в условиях Севера позволили ряду ученых установить наличие особого специфического «северного» физиологического профиля человека [4,18]. Особое значение проблема изучения здоровья приобретает в отношении сотрудников, выполняющих свою работу в экстремальных производственных условиях. Гормональные перестройки в организме рабочего направлены на мобилизацию и перераспределение энергетических и структурных ресурсов организма для преимущественного обеспечения систем, играющих важную роль в формировании устойчивой адаптации [16,18]. Неблагоприятное воздействие факторов производственной среды при достаточном функциональном резерве, нередко в течение долгого времени не вызывает нарушения гомодинамического гомеостаза, а лишь ведет к некоторому смещению физиологических показателей в пределах общепринятого диапазона норм и сопровождается соответствующим напряжением регуляторных систем, поэтому важно контролировать их, чтобы вовремя обнаружить и предотвратить развитие профпатологий. Особенности технологии получения

сульфатной целлюлозы, использование в качестве реагентов вредных химических соединений, повышенная температура, шум, вибрации, психологическая напряженность создают предпосылки к формированию неблагоприятных условий труда [5,6]. В процессе варки целлюлозы в результате омыления метоксильных групп лигнина образуются летучие метилсернистые соединения, метанол, фенол, органические кислоты, а при гидролизе сульфида натрия — активного компонента варочного щелока, образуется аэрозоль щелочи и сероводорода [5,6]. Наибольшему риску развития заболеваний подвергаются дыхательная, нервная, сердечно-сосудистая, костно-мышечная системы, слуховой анализатор, желудочно-кишечный тракт, кожа и подкожная клетчатка, мочевыделительная система [3,5,6,11]. О состоянии эндокринной системы у работников целлюлозной промышленности существуют лишь единичные сведения [7,17].

Есть все основания предположить, что изначально измененный неблагоприятными климатическими условиями эндокринный статус сотрудников целлюлозно-бумажной промышленности города Архангельска

подвергается дополнительным воздействиям производственных условий. Особый интерес представляет характеристика изменений эндокринного профиля сотрудников целлюлозного комбината по прошествии времени.

Цель исследования — изучение изменений адаптивных реакций эндокринной системы рабочих целлюлозно-бумажного производства за последние 20 лет.

Материал и методики. Исследование проводилось в 1990 г. и 2011–2012 гг. на одном и том же целлюлозно-бумажном комбинате города Архангельска (64°30' с.ш.). В 1990-е годы было обследовано 155 мужчин («старая выборка»), из них 65 сотрудников комбината мужского пола и 90 мужчин контрольной группы, не работавших во вредных условиях производства. Так же было обследовано 90 мужчин в 2009–2012 гг. («но-

вая выборка»), из них 45 сотрудников комбината и 45 мужчин контрольной группы (2009–2011 года). Все обследуемые мужчины были в возрасте 22–50 лет, не состояли на учете у врача-эндокринолога, с индексом массы тела 19–25. Исследование проходило в период увеличения продолжительности светового дня.

В целом обследованные работали в одном из основных цехов: варочном, сушильном и во вспомогательных цехах: лесохимическом (ЛХЦ), теплоэнергетическом (ТЭЦ-2).

Наиболее неблагоприятными факторами в ЛХЦ являются метилсернистые соединения, соединения азота и повышенная температура, в ТЭЦ-2 (цех регенерации извести) — повышенная температура, аэрозоль щелочи, известковая пыль, повышенная психологическая напряженность, в варочном цехе — метилсер-

Таблица

Количественные показатели содержания гормонов в сыворотке крови у сотрудников комбината и группы контроля

Показатель, ед. измерения	Категория	Медиана	10 процентилей	90 процентилей	p-уровень
Кортизол, нмоль/л	1	523,5	369,0	781,0	$p_{1-2}=0,002$
	2	589,6	435,0	848,0	$p_{1-3}<0,001$
	3	391,82	207,3	565,76	$p_{2-4}=0,005$
	4	501,78	321,0	731,56	$p_{3-4}<0,001$
Тироксин, нмоль/л	1	115,0	78,0	140,0	$p_{1-2}=0,016$
	2	121,7	96,5	144,3	$p_{1-3}<0,001$
	3	87,89	77,71	108,42	$p_{2-4}<0,001$
	4	101,20	80,44	126,8	$p_{3-4}=0,009$
T_3 , нмоль/л	1	1,8	1,2	2,4	$p_{1-2}<0,001$
	2	1,39	1,14	1,87	$p_{1-3}=0,012$
	3	1,55	1,3	1,9	$p_{2-4}>0,05$
	4	1,67	0,7	2,3	$p_{3-4}>0,05$
Эстрадиол, нмоль/л	1	0,1	0,04	0,27	$p_{1-2}>0,05$
	2	0,08	0,04	0,27	$p_{1-3}=0,011$
	3	0,21	0,14	0,28	$p_{2-4}<0,001$
	4	0,15	0,09	0,3	$p_{3-4}<0,001$
Тестостерон, нмоль/л	1	22,84	11,42	32,8	$p_{1-2}>0,05$
	2	23,11	11,28	35,0	$p_{1-3}>0,05$
	3	18,1	12,38	33,22	$p_{2-4}=0,009$
	4	17,61	10,67	29,01	$p_{3-4}>0,05$
Прогестерон, нмоль/л	1	3,85	1,20	7,20	$p_{1-2}<0,001$
	2	0,98	0,47	3,09	$p_{1-3}<0,001$
	3	1,03	0,5	1,9	$p_{2-4}>0,05$
	4	0,96	0,6	1,7	$p_{3-4}>0,05$
Инсулин, мкЕд/мл	1	9,85	2,50	24,18	$p_{1-2}<0,001$
	2	16,53	9,76	47,92	$p_{1-3}<0,001$
	3	3,95	1,81	9,41	$p_{2-4}<0,001$
	4	6,23	3,14	13,79	$p_{3-4}<0,001$
СТГ, нг/мл	1	0,21	0,12	1,06	$p_{1-2}<0,001$
	2	3,10	0,29	6,70	$p_{1-3}<0,001$
	3	0,06	0,04	0,16	$p_{2-4}<0,001$
	4	0,11	0,05	1,55	$p_{3-4}<0,001$

Примечания: 1. контроль 1990-х гг.; 2. сотрудники 1990-х гг.; 3. контроль 2009–2012 гг.; 4. сотрудники 2011–2012 гг.

нистые соединения, повышенная температура и психологическая напряженность, в сушильном — шум, повышенная температура и влажность воздуха [5].

Забор крови проводили с 8 до 10 часов утра из локтевой вены. Методом радиоиммунологического (РИА) *in vitro* анализа на установке «АРИАН» («Наркотест») и иммуноферментного анализа (ИФА) на планшетном автоанализаторе ELISYS Uno («Human GmbH») с помощью наборов УП ХОП ИБОХ (Беларусь), «Immunotech» (Чехия), «Human GmbH» (Германия) определяли уровни гормонов в сыворотке крови: кортизола, тироксина (T_4), трийодтиронина (T_3), тиронинсвязывающего глобулина (ТСГ), эстрадиола, прогестерона, тестостерона, инсулина, соматотропного гормона (СТГ).

Статистическая обработка проводилась с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, INC. USA). В процессе обработки данных была проведена оценка параметров (медиан, диапазон колебаний 10–90 процентильных интервалов), сравнение параметров групп с помощью U-критерия Манна–Уитни. В данном анализе пороговое значение уровня значимости принято равным 0,05. Обследование проведено в соответствии с документом «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования».

От обследуемых получено информированное согласие на обработку персональных данных и взятие биологического материала. За нормы принимали референтные величины, указанные в инструкциях к тест-наборам. Согласно протоколам оценки условий труда по показателям напряженности трудового процесса, протоколам оценки условий труда при воздействии химического фактора, а также картам аттестации рабочих мест по условиям труда, оценка напряженности трудового процесса и класс условий труда с течением времени (в 1990 году и в 2011 году) остается прежней на тех же рабочих местах по цехам и производственным объектам. Оценка напряженности трудового процесса содовщика 5-го разряда в теплоэнергетическом цехе соответствует классу 3.2. (вредному второй степени) в обеих исследуемых группах.

Работа поддержана грантом №15–3–4–39 программы УрО РАН «Фундаментальные науки — медицине».

Результаты исследования. После проведения статистической обработки материала можно отметить, что у сотрудников комбината статистически значимо повышен уровень кортизола в сравнении с группой контроля (табл.), что так же наблюдалось в исследовании работников и контрольной группы в 90-е года прошлого столетия. Однако стоит заметить, что уровень стрессового гормона значительно снизился как у рабочих, так и у жителей города сегодняшнего десятилетия.

Относительно содержания йодтиронинов выявлено, что концентрация тироксина у сотрудников выше, чем у контроля и эти результаты согласовываются с данными 20-летней давности, хотя следует заметить

общее снижение уровней тироксина у мужчин на современном этапе относительно старых данных.

В концентрации трийодтиронина (T_3) статистически значимых различий в новой выборке не обнаружено, можно отметить значительное расширение диапазона 10–90 процентилей у рабочих 2011–2012 гг., в то время как у работников 90-х годов отмечался статистически значимый низкий уровень T_3 в сравнении с контролем, а диапазон колебаний значений у работников был не велик. В то же время содержание T_3 у лиц контрольной группы на современном этапе статистически значимо ниже по сравнению с периодом 90-х годов.

Содержание эстрадиола в крови у рабочих современной выборки статистически значимо ниже по сравнению с контрольной группой мужчин, но уровень данного гормона в наши дни значительно повысился в сравнении с концентрацией этого полового стероида у мужчин в 90-е годы.

По концентрации тестостерона можно отметить статистически достоверное снижение его у сотрудников новой выборки по сравнению с показателями у рабочих прошлых лет. При оценке уровня прогестерона в новой выборке достоверных изменений не выявлено, отмечено сужение диапазона у сотрудников. В прошлые 20 лет у контрольной группы мужчин наблюдались повышенные концентрации со значением медианы, лежащей за пределами верхней границы нормы. Однако у сотрудников 1990-х годов содержание прогестерона было достоверно ниже, чем у контроля, хотя диапазон колебаний значений был расширен. То есть по прошествии времени уровень прогестерона у работников комбината и контроля снижается, хотя тенденция остается та же.

Содержание инсулина в крови у работников комбината статистически значимо повышается в сравнении с контрольной группой и диапазон колебаний показателей расширяется вверх, что согласуется с более ранним исследованием, но если сравнивать данные 90-х годов, то заметно общее понижение уровня инсулина в наши дни. У сотрудников советских времен концентрация этого полипептида значительно превышает норму, и диапазон 10–90 процентилей расширен вверх, в отличие от нахождения его уровней в диапазоне нормы в настоящее время.

Концентрация СТГ в крови у работающих на комбинате мужчин статистически значимо выше, чем у контроля, что подтверждает данные 90-х годов, но нельзя не отметить существенное снижение и сужение диапазонов колебаний значений более чем в три раза у мужчин современного десятилетия. То есть у сотрудников обеих временных групп медиана выше и диапазон расширен вверх относительно контроля, но количественно концентрация СТГ у мужчин новой выборки значительно снизилась. Если в 90-е годы диапазон колебаний СТГ выходил за границы нормы, то в настоящее время случаев выхода из нормы не регистрировали.

Обсуждение. Для повышения надежности деятельности производственных рабочих необходим высокий уровень профессионального здоровья и разработка системы мероприятий по охране здоровья, которая возможна только на основе достаточно полных сведений об уровне здоровья, реактивности и адаптивных возможностей организма.

Анализируя концентрацию адаптивного гормона кортизола отмечается превышение его уровня у сотрудников 20 лет назад и в наши дни по сравнению с контролем, что говорит о повышенном расходовании ресурсов для обеспечения нормального функционирования организма рабочего, формировании компенсаторных реакций. Однако обращает на себя внимание снижение в целом уровня кортизола у мужчин на современном этапе, что может указывать на многие причины, возможно на снижение стрессированности, либо на улучшение технологии производственного процесса варки целлюлозы за последние 20 лет, либо на изменение климата [10].

У сотрудников производства повышен уровень инсулина относительно контроля, в то время как, согласно данным ряда исследователей, у жителей Севера наблюдается высокое количество кортизола в крови при снижении инсулина со смещением концентрации глюкозы в сторону низких значений [2,8]. В основе этого явления лежат изменения инсулярной рецепции, а также баланса в системе «инсулин-контринсулярные гормоны» [13]. У работников комбината наблюдается другая картина — на фоне высокого содержания кортизола в крови происходит повышение уровня инсулина (без выходящих за норму значений), что свидетельствует об усилении функционального напряжения инсулярного аппарата. Это является прогностически неблагоприятным признаком, так как известно, что относительно постоянная повышенная концентрация кортизола вызывает как возрастание глюконеогенеза, так и умеренное снижение потребления глюкозы клетками, что может увеличивать уровень глюкозы в крови и, в свою очередь, стимулировать продукцию инсулина. Однако при стрессе повышение секреции инсулина не является столь эффективным в обеспечении нормогликемии. Высокий уровень глюкокортикоидов может снижать чувствительность тканей к действию инсулина на поступление и использование глюкозы, снижая экспрессию адипонектина, что повышает инсулинорезистентность [13]. Из практики известно, что высокий уровень инсулина ведет к повышенной выработке провоспалительных веществ, развивается скрытое воспаление в сосудах и органах, рано или поздно повреждение достигнет такого уровня, что возникнут необратимые болезни и патологии. В нашем исследовании регистрируется общее снижение уровня инсулина, по сравнению с данными 20-ти летней давности и, что более важно, отсутствие значений, выходящих за верхнюю

границу нормы, что может говорить о более благоприятном течении адаптационных реакций со стороны поджелудочной железы у современных мужчин города Архангельска. Однако на фоне общего снижения значений, внутри выборки сохраняется достоверно более высокая концентрация инсулина у работников целлюлозного производства. В виду этого необходимо контролировать концентрацию инсулина и кортизола у сотрудников целлюлозно-бумажного производства, тем самым предупреждая профпатологию.

Известно также, что под влиянием кортизола и инсулина увеличивается объем жировой ткани и активность фермента ароматазы, который отвечает за конвертацию тестостерона в эстрадиол, способствуя накоплению женских половых гормонов у мужчин [9]. Физиологическое содержание эстрадиола в организме мужчины необходимо, например, для увеличения концентрации тироксина, но пониженное или повышенное содержание этого гормона негативно отражается на здоровье мужчин. И хотя достоверных изменений в уровне тестостерона не обнаружилось, но у современной выборки заметно в целом общее стремление значений концентраций к нижней границе референтной нормы, в то время как уровень эстрадиола увеличился у лиц новой выборки относительно данных прошлых лет. Поэтому при физиологически нормальном уровне тестостерона необходимо учитывать изменение в соотношении между тестостероном и эстрадиолом в сыворотке крови у мужчин, так как за счет резкого повышения количества эстрадиола функциональная активность тестостерона снижается. В норме соотношение тестостерон/эстрадиол должно составлять более 50:1, у рабочих прошлых лет этот индекс был равен 288:1 и у сотрудников комбината современного десятилетия он равен 117:1. Все это говорит о физиологически нормальном соотношении этих гормонов у сотрудников целлюлозно-бумажного комбината г. Архангельска, однако необходимо отметить, что за 20 лет этот индекс значительно снизился. Ввиду этого, для предотвращения его критических значений необходимо отслеживать данный индекс у сотрудников комбината.

Как известно, щитовидная железа доминирует в регуляции долговременных физиологических перестроек метаболизма [1]. Учеными установлено повышение уровня тироксина и расширение пределов трийодтиронина со смещением в сторону низких значений у жителей Европейского Севера [12,15,18]. Видно, что по прошествии времени происходит снижение уровня гормона тироксина щитовидной железы у жителей города Архангельска, что подтверждается также другими исследованиями населения Европейского Севера [14]. Это может быть связано с повышением качества жизнеобеспечения, с изменением адаптивных механизмов ее функционирования, с изменением климата [10]. Однако внутри выборки также сохраняется повышение значений тироксина и расширение диапазона колеба-

ний трийодтиронина у рабочих сульфатного производства относительно контроля. Известно, что тиреоидные гормоны также проявляют контринсулярные свойства, играя важную роль в регуляции изменения чувствительности тканей к инсулину благодаря наличию рецепторов к ТТГ на адипоцитах. [13]. Наряду с основными физиологическими функциями, повышение уровня тироксина у рабочих так же необходимо в качестве предшественника трийодтиронина и, возможно, для усиления процесса поглощения тканями кортикостероидов. Расширение диапазона концентрации трийодтиронина может свидетельствовать о наличии широкой приспособительной реакции у сотрудников комбината и развитии адаптации, так как трийодтиронин является физиологически более активной формой йодтиронинов.

Современный уровень прогестерона значительно снизился относительно «старой» выборки. Физиологически нормальное содержание прогестерона подавляет процесс конверсии тестостерона в дигидротестостерон, снижая активность фермента 5-альфа редуктазы [9], препятствуя повышению уровня эстрогенов. Вероятно, это может объяснять более низкий индекс тестостерон/эстрадиол у мужчин «новой» выборки по сравнению со старыми данными, где диапазон колебаний значений прогестерона был выше. Диапазон колебаний концентраций прогестерона в крови у сотрудников «новой» выборки стремится к нижней границе нормы, что возможно говорит об усиленном расходовании его на синтез кортизола (который у сотрудников все же высок) и об истощении резервов организма при действии вредных производственных факторов.

Общее снижение пределов колебаний соматотропина и отсутствие высоких его значений регистрировали у сотрудников комбината «новой» выборки, так как с течением времени произошли существенные изменения в самом технологическом процессе варки целлюлозы, хотя значимые различия между рабочими и контролем сохраняются. Вследствие этого, необходимо контролировать уровни СТГ у сотрудников комбината, так как превышающие норму значения могут повышать уровень глюкозы с риском развития сахарного диабета (контринсулярные свойства).

Заключение. Из всего вышесказанного можно сделать вывод об общей направленности снижения уровня исследуемых гормонов (за исключением эстрадиола) у жителей города Архангельска за последние 20 лет. Указанные сдвиги в гормональном статусе работников целлюлозного производства относительно контроля независимо от времени можно расценивать, как признаки формирования компенсаторных реакций к действию неблагоприятных условий производства, свидетельствующих о напряжении как энергетических, так и пластических процессов в организме, которые могут окончиться как адаптацией, так и развитием декомпенсаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на севере. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. — 190 с.
2. Бичкаева Ф.А. Эндокринная регуляция метаболических процессов у человека на Севере. — Екатеринбург: УрО РАН, 2008. — 304 с.
3. Дубель Е.В., Унгурияну Т.Н. // Экология человека. — 2013. — № 5. — С. 40–46.
4. Казначеев В.П. // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. — Л: Медицина, 1980. — 200 с.
5. Мещакова Н.М., В.С. Рукавишников. Медицина труда в современном производстве сульфатной целлюлозы. — Иркутск: НЦРВХ СО РАМН, 2012. — 197 с.
6. Мещакова Н.М., Рукавишников В.С. // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2011. — № 3 (79). Ч. 2. — С. 123–128.
7. Михайлуц А.П., Першин А.Н., Вострикова Е.В. // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2005. — № 2 (40). — С. 45–50.
8. Панин Л.Е. Энергетические аспекты адаптации. — Л.: Медицина, 1978. — 191 с.
9. Печерский А.В. // Ж-л РОАГ. — 2009. — № 3. — С. 3–7.
10. Ревич Б.А. // Экология человека. — 2009. — № 6. — С. 11–16.
11. Соколова Л.А., Теддер Ю.Р. // Экология человека. — 2007. — № 5. — С. 51–54.
12. Типисова Е.В. Реактивность и компенсаторные реакции эндокринной системы у мужского населения Европейского Севера. — Екатеринбург, 2009. — 201 с.
13. Типисова Е.В., Китаева Ю.Н., Горенко И.Н., и др. Регуляция метаболических процессов при сахарном диабете II типа. — Екатеринбург, 2014. — С. 132–151.
14. Типисова Е.В. // Тезисы докладов XXI съезда Физиол. об-ва им. И.П. Павлова. — М.—Калуга, 2010. — С. 605.
15. Типисова Е.В., Ткачев А.В., Поскотинова Л.В. и др. Пределы физиологического колебания в периферической крови метаболитов, гормонов, лимфоцитов, цитокинов и иммуноглобулинов у жителей Архангельской области: информационные материалы. — Архангельск, 2005. — С. 19–24.
16. Ткачев А.В., Бойко Е.Р., Раменская Е.Б. и др. Некоторые показатели здоровья в высоких широтах (архипелаг Шпицберген). — Сыктывкар, 1993. — 24 с.
17. Трофимова Е.А., Киреева В.В. // Сиб. мед. ж-л. — 2010. — № 6. — С. 211–213.
18. Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере // А.В. Ткачев, Е.Р. Бойко, З.Д. Губкина и др. — Сыктывкар, 1992. — 156 с.

REFERENCES

1. Boyko E.R. Physiologic and biochemical basis of human living in North. — Ekaterinburg: UrO RAN, 2005. — 190 p (in Russian).
2. Bichkaeva F.A. Endocrine regulation of metabolic processes in humans in North. — Ekaterinburg: UrO RAN, 2008. — 304 p. (in Russian).
3. Dubel' E.V., Unguryanu T.N. // Ekologiya cheloveka. — 2013. — 5. — P. 40–46 (in Russian).

4. Kaznacheev V.P. Mechanisms of human adaptation in high latitudes. — Leningrad: Meditsina, 1980. — 200 p. (in Russian).
5. Meshchakova N.M., Rukavishnikov V.S. Occupational medicine in contemporary cellulose sulphate production. — Irkutsk: NTsRVKh SO RAMN, 2012. — 197 p. (in Russian).
6. Meshchakova N.M., Rukavishnikov V.S. // Byulleten' VSNTs SO RAMN. — 2011. — 3 (79). — part 2. — P. 123–128 (in Russian).
7. Mikhayluts A.P., Pershin A.N., Vostrikova E.V. // Byulleten' VSNTs SO RAMN. — 2005. — 2 (40). — P. 45–50 (in Russian).
8. Panin L.E. Energetic aspects of adaptation. — Leningrad: Meditsina, 1978. — 191 p. (in Russian).
9. Pecherskiy A.V. // Zhurnal ROAG. — 2009. — 3. — P. 3–7 (in Russian).
10. Revich B.A. // Ekologiya cheloveka. — 2009. — 6. — P. 11–16 (in Russian).
11. Sokolova L.A., Tedder Yu.R. // Ekologiya cheloveka. — 2007. — 5. — P. 51–54 (in Russian).
12. Tipisova E.V. Reactivity and compensation reactions of endocrine system in male population of European North. — Yekaterinburg, 2009. — 201 p. (in Russian).
13. Tipisova E.V., Kitaeva Yu.N., Gorenko I.N., et al. Regulation of metabolic processes in II type diabetes mellitus. — Yekaterinburg, 2014. — P. 132–151 (in Russian).
14. Tipisova E.V. Theses of reports XXI Congress of I.P. Pavlov Physiologic Society. — Moscow–Kaluga, 2010. — 605 p. (in Russian).
15. Tipisova E.V., Tkachev A.V., Poskotinova L.V., et al. Limits of physiologic changes of metabolites, hormones, lymphocytes, cytokines and immunoglobulins in peripheral blood of Arkhangelsk region residents: information materials. — Arkhangelsk, 2005. — P. 19–24 (in Russian).
16. Tkachev A.V., Boyko E.R., Ramenskaya E.B., et al. Some health parameters in high latitudes (Spitsbergen archipelago). — Syktyvkar, 1993. — 24 p. (in Russian).
17. Trofimova E.A., Kireeva V.V. // Sibirskiy med. zhurnal, 2010. — 6. — P. 211–213 (in Russian).
18. Tkachev A.V., Boyko E.R., Gubkina Z.D., et al. Endocrine system and human metabolism in North. — Syktyvkar, 1992. — 156 p. (in Russian).

Поступила 21.11.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Попкова Виктория Анатольевна (Popkova V.A.),
науч. сотр. лаб. эндокринологии им. проф. А.В. Ткачева.
E-mail: victoria-popkova@yandex.ru.

УДК 613.644:616.7;616.8;616.8–085.84

Н.Ф. Мирютова¹, А.А. Зайцев¹, Л.А. Паначева², Е.А. Заикина²

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕБНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ (обзор литературы)

¹Филиал «Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», ул. Розы Люксембург, 1, Томск, Россия, 634050

²ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, пр-т Красный, 52, Новосибирск, Россия, 930091

Важную роль в проведении лечебно-профилактических мероприятий при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации играют физические факторы. При преобладании высокочастотных составляющих в спектре производственной вибрации лечебное применение электротерапии, лазерного излучения, магнитных полей, лимфодренажных воздействий, водолечения обеспечивают воздействие на ведущие звенья патогенеза системных микроангиопатий — дисбаланс регулирующих влияний вегетативной нервной системы, вазоконстрикцию и внутрисосудистые изменения, нарушения сосудистой проницаемости и микроциркуляции. При преобладании низкочастотных составляющих в спектре производственной вибрации для лечения полиневропатий и патологии опорно-двигательного аппарата рекомендовано использование трофикоактивных факторов: транскраниальной электроанальгезии, наружного применения минеральных вод, ручного и подводного массажа, озонотерапии, местного воздействия искровым разрядом, пелоидами. Комплексное использование методов физиотерапии также повышает адаптационные возможности организма.

Ключевые слова: вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации, ангиодистонический синдром, микроциркуляция, ангиотрофоневроз, патогенетическое лечение, лечебное применение физических факторов, комплексная физиотерапия.

N.F. Miryutova¹, A.A. Zaitsev¹, L.A. Panacheva², E.A. Zaikina². **Efficiency of therapeutically applied physical factors for vibration disease caused by exposure to local vibration (review of literature)**

¹Branch «Tomsk research Institute of Treatment at health resorts and physiotherapy of Federal state budgetary institution «Siberian federal science-clinical centre of Federal Medico-biological Agency», Str. Rozy Luxemburg, 1, Tomsk, Russian Federation, 634050

²State budgetary educational institution of higher professional education «Novosibirsk State Medical University» Ministry of Health of Russian Federation, Krasny Pr., 52, Novosibirsk, Russian Federation, 630091

Important role in treatment and prophylaxis for vibration disease due to local vibration is played by physical factors. If high frequency components prevalent in occupational vibration, treatment with electric therapy, laser, magnetic fields, lymphatic drainage, hydrotherapy provides influence on leading chains of systemic microangiopathies pathogenesis — dysbalance of regulation influences by vegetative nervous system, vasoconstriction and intravascular changes, vascular permeability and microcirculation disorders. If low frequency components prevalent in occupational vibration, treatment of polyneuropathies and locomotory disorders incorporates trophic processes activation: transcranial electroanalgesia, surface application of mineral waters, manual and subwater massage, ozone therapy, local spark discharges, peloids. Complex use of physical methods also increases human adaptational resources.

Key words: vibration disease due to local vibration, angiodystonic syndrome, microcirculation, angiotrophoneurosis, pathogenetic treatment, therapeutic use of physical factors, complex physical therapy.

Актуальность. В структуре профессиональной заболеваемости ведущее место стабильно занимают заболевания, связанные с воздействием физических факторов — 38,6%. Социально-гигиеническое значение вибрационной болезни определяется большим удельным весом в структуре инвалидности, молодым возрастом инвалидов (90% — не старше 45 лет) [3,4,15]. Патогенетически обоснованный подход к лечению вибрационной болезни позволит не только купировать вазоконстрикцию и внутрисосудистые изменения, сенсорно-моторные нарушения, но и проводить профилактику прогрессирования микроциркуляторных и трофических нарушений в целях сохранения социально-производственной активности и качества жизни пациентов.

Цель работы — с учетом литературных данных о патогенезе сосудистых, трофических и нейромышечных нарушений у лиц виброопасных профессий обосновать лечебное применение физических факторов при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации.

Методы обследования. В анализируемых публикациях использовались радиоиммунный метод определения эндотелина-1 в сыворотке крови [4,23]; спектрофотометрический способ определения NO в сыворотке крови [4,23,25]; хроматографический способ определения эндогенных изомеров токоферолов в сыворотке крови [12]; методы исследования сосудисто-тромбоцитарного, прокоагулянтного и антикоагулянтного звеньев гемостаза [1,4,13,14,17,23]; методы оценки активности процессов перекисного окисления липидов [1,5,6,21].

Использовались также методы функционального обследования: ультразвуковая доплерография, реовазография, лазерная доплеровская флоуметрия, прижизненная биомикроскопия капилляров ногтевого ложа и бульбарной конъюнктивы [3,7,9,10,14,21]; тепраполярная реография [9]; кардиоинтервалография [2,9,11]. Проводились оценка функции основных ана-

лизаторов [7,13], адаптационного потенциала [7,12]. Для оценки состояния опорно-двигательного аппарата использовались рентгенологические и ультразвуковые методы [6,21]. Для изучения состояния нейро-мышечного аппарата применялась электронейромиография, для оценки состояния зональной вегетативной регуляции проводились электротермометрия, инфракрасная термография [6,7,11,19].

Особенности патогенеза сосудистых, трофических и нейромышечных нарушений при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации.

Преобладание высокочастотных (для локальных вибраций 125–1000 Гц) составляющих в спектре обуславливает развитие сосудистых нарушений (системные микроангиопатии) [4,14,18]. Нейрососудистые изменения выражаются в дистонии периферических сосудов (капилляроспазм, уменьшение количества функционирующих капилляров, их деформация, замедление кровотока, иногда его временная остановка, изменение тонуса сосудов среднего и крупного калибра, формирование сладж-феномена) [2,4,14]. По мере прогрессирования заболевания происходит развитие выраженных гемодинамических сдвигов, снижение компенсаторных ресурсов микроциркуляторного русла, нарушение фильтрационно-абсорбционного равновесия, нарушение целостности сосудистого эндотелия [14,23].

В механизмах эндотелиальной дисфункции при вибрационной болезни выделяют структурно-функциональные изменения эндотелия, нарушение NO-зависимой вазодилатации (NO $69,4 \pm 1,1$ мкг/мл, эндотелин-1 $18,8 \pm 0,6$ пг/мл, фактор Виллебранда в плазме $123,7 \pm 1,6\%$) [4,23]. Изменяется емкостная и обменная функция капилляро-венозного отдела, увеличение транскapиллярной фильтрации (повышение проницаемости капилляров для воды до $14,1 \pm 1,2$ мл, для белка до $10,5 \pm 1,1\%$) [14]. Микроциркуляторные расстройства могут быть обусловлены также гиперкоагуляцией, повышени-

ем адгезивно-агрегационных свойств тромбоцитов (повышение максимальной свертывающей активности до $104,0 \pm 1,2\%$, уровня фибриногена до $3,4 \pm 0,13$ мг, снижение индекса инактивации тромбина до $2,2 \pm 0,1$, содержания антитромбина III до $70,0 \pm 0,8\%$, повышение индекса агрегации тромбоцитов на АДФ до $91,2 \pm 2,65$) [4,14,17,23,25]. Ряд авторов связывают развитие нарушений микроциркуляции с угнетением антиоксидантной системы (снижение содержания эндогенных токоферолов в сыворотке крови: α -ТФ — $0,63 \pm 0,14$ мг% при $p < 0,05$, γ -ТФ — $0,12 \pm 0,011$ мг% при $p < 0,05$, ТФ-ац в $0,22 \pm 0,025$ мг% при $p < 0,05$) [1,4,12,23]. Васкулотоксический эффект продуктов ПОЛ подтвержден в эксперименте [14].

Исследование параметров центральной гемодинамики у лиц, работающих в условиях длительного воздействия вибрации, выявило повышение артериального давления (САД в дневные часы $141,5 \pm 4,0$ мм рт.ст., ДАД до $89,2 \pm 1,8$ мм рт.ст.) и общепериферического сосудистого сопротивления (до $1653,3 \pm 110,8$ — $2714,0 \pm 143,7$ дин/с/см⁵) [7].

Наличие в спектре преимущественно низких частот (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 8–16 Гц — для локальных вибраций) приводит к развитию трофических нарушений, преимущественно нервно-мышечного и опорно-двигательного аппаратов рабочей конечности [4,9,18], выявляются нарушения костно-суставной и нервной систем, микротравматизация периферической нервной системы и нарушения микроциркуляции [4,6,14,19].

Обсуждение. Физиотерапия вибрационной болезни должна быть направлена на основные звенья патологического процесса — необходимы ликвидация очагов застойного возбуждения в симпатических узлах, вазоконстрикции и внутрисосудистых изменений, нейродинамических нарушений, обеспечение восстановления сосудистой проницаемости, улучшения функции сенсорно-моторной системы, коррекция микроциркуляторных нарушений и периферического кровообращения, устранение трофических нарушений [15,16,20,25,27].

К сосудорасширяющим методам относятся лекарственный электрофорез, импульсная ультратонтерапия, низкочастотные токи, микроволновая терапия. Вводимые с помощью постоянного тока вазодилататоры понижают тонус и сократительную способность гладкой мускулатуры, что приводит к расширению сосудов [16]. Тихий разряд и низкочастотные токи расширяют артериолы, капилляры, повышают тонус вен, усиливают метаболические процессы в тканях (снижение исходно повышенных значений α -2-глобулинов с $9,95 \pm 0,85$ до $6,72 \pm 1,16$ % и снижение экскреции оксипролина с мочой с $206,0 \pm 9,3$ до $163,1 \pm 13,9$ мкмоль/сут при $p < 0,01$) [15,21]. Под действием импульсных токов происходит развитие выраженного сосудорасши-

ряющего эффекта (повышение РИ с $0,216 \pm 0,016$ до $0,305 \pm 0,021$ и α/T с $18,14 \pm 0,71$ до $20,35 \pm 0,61\%$, сокращение времени восстановления кожной температуры после холодной пробы с $23,4 \pm 1,55$ до $17,6 \pm 0,63$ мин при $p < 0,001$) через подавление болевой импульсации, возбуждение миелинизированных нервных проводников и разрыв «порочного болевого круга». При воздействии микроволнами на рефлексогенные зоны снижается периферическое сопротивление сосудов, повышается исходно сниженное кровенаполнение церебральных сосудов, уменьшаются явления венозного застоя (снижение ОПСС с $2714,0 \pm 143,7$ до $1800,9 \pm 123,8$ дин/с/см⁵, увеличение ЛСК в экстракраниальных сосудах с $18,1 \pm 1,8$ до $25,2 \pm 1,6$ см/с при $p < 0,05$, повышение пульсового индекса с $0,8 \pm 0,18$ до $1,02 \pm 0,19$ у.е. при $p < 0,05$) [9,21].

В области наложения теплоносителя (парафина, озокерита) происходит повышение температуры тканей на $1-3^\circ\text{C}$, расширяются сосуды микроциркуляторного русла, усиливаются местный кровоток, метаболизм, купируются болевые ощущения (показатель микроциркуляции до и после воздействия соответственно $2,4 \pm 0,1$ и $4,4 \pm 0,1$ перфузионных единиц, снижение среднего уровня боли на 81%, исчезновение болей у 84% пациентов) [7,12,22].

Для лечения вибрационной болезни, в том числе коррекции эндотелиальной дисфункции, используются физические нагрузки [8]. Физические упражнения вызывают увеличение продукции NO (с $69,4 \pm 1,1$ до $87,3 \pm 1,5$ мкг/мл при $p < 0,05$), увеличение эндотелиального NO стимулирует экспрессию супероксиддисмутазы, которая защищает NO от разрушения свободными радикалами кислорода [25].

Одним из ведущих патогенетических направлений лечебных мероприятий при вибрационной болезни является применение физических факторов, улучшающих микроциркуляцию (лечебный массаж, импульсное или бегущее магнитное поле, лазерное излучение). В электропроводящих движущихся средах (кровь, лимфа) под действием изменяющейся в пространстве магнитной составляющей электромагнитного поля происходит формирование магнитогидродинамических сил, которые повышают тонус венул, ускоряют диффузию воды, уменьшают отек и стимулируют лимфодренаж (снижение ДКИ с $67,7 \pm 3,2$ до $46,5 \pm 3,2\%$ при $p < 0,01$) [8,15,16]. Магнито- и лазеротерапия вызывают существенное улучшение как исходного тонуса микрососудов, так и их вазомоторной активности (повышение коэффициента вариации K_v с $11,8 \pm 2,2$ до $19,5 \pm 3,1\%$ при $p < 0,05$) [3,10]. Коррекция микроциркуляторных нарушений должна предусматривать также нормализацию внутрисосудистых изменений и сосудистой проницаемости [23,27]. В связи с этим, важной составляющей терапии при ангиопатиях является лимфодренажное воздействие (обеспечивает вывод лишней жидкости из межклеточного пространства,

прилив крови, как следствие, улучшение трофики, стимуляцию неспецифических защитных реакций, повышение максимальной систолической скорости кровотока $V_{\max}$ с $46,28 \pm 0,03$ до $65,8 \pm 0,05$ см/с при $p < 0,01$; появление тканевых базофилов и эозинофилов в лимфатических узлах) [8,9].

Важным аспектом терапии больных вибрационной болезнью является восстановление баланса регулирующих влияний вегетативной нервной системы (снижение индекса напряжения с $324,2 \pm 17,1$ до $97,4 \pm 6,3$ у.е., увеличение доли больных с нормотонической реактивностью с 20 до 35%, достоверное повышение показателя вегетативного баланса с $0,81 \pm 0,03$ до $0,97 \pm 0,01$) [7]. В седативных и гемодинамических целях используется электросон, общая магнитотерапия, электрофорез седативных препаратов, хвойные, азотные, йодбромные, пантомагние ванны, к тонизирующим воздействиям относятся души, жемчужные ванны, аэротерапия, контрастные ванны [12,13,15].

В результате воздействия на кожные покровы струй воды, пузырьков воздуха, воды разной температуры и импульсных токов низкой частоты происходит раздражение механорецепторов кожи и термочувствительных структур, нарастает содержание в коже локальных вазоактивных пептидов, что приводит к расширению сосудов, значительному притоку крови к коже, ограничению притока импульсов из болевого очага (снижение уровня боли в кистях с $2,87 \pm 0,54$ до $1,41 \pm 0,32$ балла при $p < 0,05$; ситуационной тревожности с $11,3 \pm 0,8$ до $8,2 \pm 0,82$ у.е.) [3,14].

Поражение микроциркуляторного русла и нарушение обменно-транспортных механизмов при вибрационной болезни обуславливает применение трофостимулирующих физических факторов (транскраниальная электроанальгезия, местное ультрафиолетовое облучение). Выделение эндорфина и энкефалина в кровь уменьшает афферентный поток от ноцицепторов, а также повышает резистентность организма и его устойчивость к стрессовым факторам, активизирует репаративную регенерацию [16].

Так как микроциркуляторные расстройства при вибрационной болезни связаны с повышением адгезивно-агрегационных свойств тромбоцитов, изменением реологических свойств эритроцитов, логично проведение мероприятий, направленных на снижение свертываемости в пораженных сосудах. Гипокоагулирующими свойствами обладают лазерное воздействие в инфракрасном диапазоне, низкочастотная магнитотерапия, азотные ванны (снижение АДФ-агрегации со $109,8 \pm 3,2$ до $81,6 \pm 3,26$ %, фибрин-агрегации с $71,3 \pm 2,3$ до $57,8 \pm 1,7$ %) [10,13,15].

Развитие нарушений микроциркуляции у лиц виброопасных профессий связано с угнетением антиоксидантной системы. Антигипоксический эффект озонотерапии реализуется по двум направлениям —

через улучшение кислородного транспорта и за счет положительного влияния на процессы утилизации кислорода. В свою очередь активация транспорта кислорода к тканям на фоне озонотерапии связана с возрастанием его парциального давления в артериальной и венозной крови (выше 100 мм рт.ст.), повышением деформабельности эритроцитов, способных проникать в более мелкие капилляры, уменьшением связи гемоглобина с кислородом [5].

Длительно сохраняющиеся нарушения кровообращения приводят к развитию трофических нарушений, преимущественно нервно-мышечного и опорно-двигательного аппаратов [19,24,26]. Для комплексного лечения полинейропатии, нарушений вибрационной и других видов чувствительности, нейро-дистрофических изменений опорно-двигательного аппарата используются природные и преформированные физические факторы, такие как лечебные грязи, импульсные токи, лазеротерапия в красном и инфракрасном диапазонах [7,9,19,22].

Способностью улучшать гемодинамическую ситуацию и трофические процессы обладают также подводный душ-массаж, воздушные ванны, талассотерапия, бальнеотерапия (сероводородные, хлоридно-натриевые, радоновые, йодобромные, азотно-термальные ванны) [3,15,16]. Зарегистрированы повышение кожной температуры в области пальцев кисти на рабочей руке (с $23,8 \pm 0,7$ до $26,1 \pm 0,7$ °C при $p < 0,01$), силы мышц кисти рабочей руки (с $41,8 \pm 2,5$ до $46,9 \pm 2,7$ кг), повышение порогов вибрационной чувствительности на частоте 250 Гц (с $71,9 \pm 1,5$ до $61,2 \pm 1,6$ при $p < 0,05$), достоверное ($p < 0,05$) улучшение пространственно-двигательных навыков (с $7,0 \pm 0,4$ до $8,4 \pm 0,7$ баллов при проведении теста рисования часов), концентрации и устойчивости внимания (снижение времени с $58,5 \pm 2,5$ до $49,2 \pm 1,9$ с при проведении пробы Шульте), [3,12].

Применение для больных вибрационной болезнью грязелечения обусловлено его благоприятным влиянием на процессы инактивации местного воспаления, на микроциркуляцию и лимфообращение, метаболические процессы (активизирует метаболизм липидов, белково-синтетические функции, ферментативную систему), функциональное состояние нервно-мышечного аппарата (улучшение пульсового кровенаполнения сосудов кистей с $0,62 \pm 0,08$ до $0,97 \pm 0,12$ у.е. при $p < 0,001$, повышение скорости проведения импульса по срединному нерву с $48,9 \pm 0,9$ до $54,6$ м/с, локтевому — с $49,2 \pm 0,3$ до $56,4$ м/с) [7,16].

Литературные данные об особенностях влияния физических факторов на лечение вибрационной болезни позволяют сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. При преобладании высокочастотных составляющих в спектре производственной вибрации показано применение электротерапии, низкоинтенсивного лазерного излучения, магнитных полей, лимфодренажных воздействий, водолечения, способных обеспечить лечебное

воздействие на очаги застойного возбуждения в симпатических узлах, вазоконстрикцию и внутрисосудистые изменения, нарушения сосудистой проницаемости и микроциркуляции.

2. При преобладании низкочастотных составляющих в спектре производственной вибрации для лечения и профилактики полиневропатий костно-суставных изменений у лиц виброопасных профессий необходимо использование трофикоактивных факторов: транскраниальной электроанальгезии, наружного применения минеральных вод, ручного и подводного массажа, озонотерапии, местного воздействия искровым разрядом, пелоидами.

3. Комплексное использование методов физиотерапии повышает адаптационные возможности организма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 24–27)

1. Аксенова В.М., Гоголева О.И. // Гиг. труда. — 1992. — № 2. — С. 25–27.
2. Аманбеков У.А., Баттакова Ш.Б., Отарбаева М.Б. и др. // Мед. труда и пром. экология. — 2006. — № 4. — С. 8–10.
3. Борзунова Ю.М., Федоров А.А. // Вопр. курортол. — 2012. — № 5. — С. 16–19.
4. Герасименко О.Н., Шпагина Л.А., Кузнецова Г.В. и др. // Ж-л эксперим. и клин. медицины. — 2005. — №4. — С. 3–12.
5. Кирьяков В.А., Сааркопель Л.М. // Мед. труда и пром. экология. — 2006. — №5. — С. 12–15.
6. Кирьяков В.А., Сухова А.В., Сааркопель Л.М. // Мед. труда и пром. экология. — 2011. — №8. — С. 36–43.
7. Коневских Л.А., Макогон И.С. // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация. — 2010. — N 5. — С. 19–23.
8. Красногор Н.И. // ЛФК и массаж. — 2006. — №3. — С. 46–48.
9. Лазаренко Н.Н. // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация. — 2009. — № 6. — С. 10–14.
10. Лазаренко Н.Н., Любченко П.Н., Герасименко М.Ю. и др. // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. — 2011. — № 1. — С. 48–51.
11. Логинова Н.Н., Войтенков В.Б. // Мед. труда и пром. экология. — 2013. — № 8. — С. 46–48.
12. Несина И.А., Потеряева Е.Л., Кудзин Е.Г. и др. // Мед. труда и пром. экология. — 2008. — №11. — С. 20–25.
13. Несина И.А., Ефремов А.В., Шпагина Л.А. и др. // Бюлл. Сиб. отд. РАМН. — 2004. — № 4. — С. 54–57.
14. Микроангио- и висцеропатии при вибрационной болезни / Сухаревская Т.М., Ефремов А.В., Непомнящих Г.И. и др. — Новосибирск: НГМА, Ин-т региональной патологии и пат. морфологии СО РАМН, НИИ гигиены МЗ РФ, 2000. — 238 с.
15. Оранский И.Е. Физиотерапия профессиональных заболеваний. — Екатеринбург: Изд-во «СВ-96», 2001. — 264 с.
16. Подберезкина Л.А. // Физиотерапевт. — 2010. — №9. — С. 50–55.

17. Потеряева Е.Л. // Бюлл. Сиб. отд. РАМН. — 2004. — № 4. — С. 52–53.

18. Романов С.Н. Биологическое действие механических колебаний. — Л.: Наука, 1983. — 208 с.

19. Трошин В.В., Морозова П.Н. // Мед. труда и пром. экология. — 2013. — № 2. — С. 24–28.

20. Чудинова О.А., Борзунова Ю.М., Самохвалова Г.Н. и др. // Мед. труда и пром. экология. — 2010. — № 2. — С. 23–25.

21. Чудинова О.А., Федоров А.А., Венедиктов Д.А. и др. // Вопр. курортол. — 2010. — № 3. — С. 15–18.

22. Шиндяева Н.Н., Александрова М.С., Белова А.Н. // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация. — 2005. — № 4. — С. 20–24.

23. Эндотелиальная дисфункция при вибрационной болезни: клинические и патогенетические аспекты / Шпагина Л.А., Герасименко О.П., Чернышев В.М., Третьяков С.В. — Новосибирск: Сибмедиздат, 2004. — 148с.

REFERENCES

1. Aksenova V.M., Gogoleva O.I. // Industr. med. — 1992. — 2. — P. 25–27 (in Russian).
2. Amanbekov U.A., Battakova Sh.B., Otarbaeva M.B., et al. // Industr. med. — 2006. — 4. — P. 8–10 (in Russian).
3. Borzunova Yu.M., Fedorov A.A. // Vopr. Kurortol. — 2012. — 5. — P. 16–19 (in Russian).
4. Gerasimenko O.N., Shpagina L.A., Kuznetsova G.V., et al. // Zh-l eksperim. i klin. med — 2005. — 4. — P. 3–12 (in Russian).
5. Kir'yakov V.A., Saarkoppel' L.M. // Industr. med. — 2006. — 5. — P. 12–15 (in Russian).
6. Kir'yakov V.A., Sukhova A.V., Saarkoppel' L.M. // Industr. med. — 2011. — 8. — P. 36–43 (in Russian).
7. Konevskikh L.A., Makogon I.S. // Fizioterapiya, bal'neologiya, rehabilitatsiya. — 2010. — 5. — P. 19–23 (in Russian).
8. Krasnogor N.I. // LFK i massazh. — 2006. — 3. — P. 46–48 (in Russian).
9. Lazarenko N.N. // Fizioterapiya, bal'neologiya, rehabilitatsiya. — 2009. — 6. — P. 10–14 (in Russian).
10. Lazarenko N.N., Lyubchenko P.N., Gerasimenko M.Yu., et al. // Fiziolt, bal'neologiya i rehabilit. — 2011. — 1. — P. 48–51 (in Russian).
11. Loginova N.N., Voytenkov V.B. // Industr. med. — 2013. — 8. — P. 46–48 (in Russian).
12. Nesina I.A., Poteryaeva E.L., Kudzin E.G., et al. // Industr. med. — 2008. — 11. — P. 20–25 (in Russian).
13. Nesina I.A., Efremov A.V., Shpagina L.A., et al. // Byulleten' Sib. otd. RAMN, 2004. — 4. — P. 54–57 (in Russian).
14. Sukharevskaya T.M., Efremov A.V., Nepomnyashchikh G.I., et al. Microangio- and visceropathies in vibration disease. — Novosibirsk: NGMA, Inst. regional'noy patologii i pat. morfologii SO RAMN, NII gigieny MZ RF, 2000. — 238 p (in Russian).
15. Oranskyi I.E. Physical therapy of occupational diseases. — Yekaterinburg: Izd-vo «SV-96», 2001. — 264 p. (in Russian).
16. Podberezhkina L.A. // Fizioterapevt, 2010. — 9. — P. 50–55 (in Russian).
17. Poteryaeva E.L. // Byulleten' Sib. otd. RAMN. — 2004. — 4. — P. 52–53 (in Russian).

18. Romanov S.N. Biologic effects of mechanic oscillations. — Leningrad: Nauka, 1983. — 208 p. (in Russian).
19. Troshin V.V., Morozova P.N. // Industr. med. — 2013. — 2. — P. 24–28 (in Russian).
20. Chudinova O.A., Borzunova Yu.M., Samokhvalova G.N., et al. // Industr. med. — 2010. — 2. — P. 23–25 (in Russian).
21. Chudinova O.A., Fedorov A.A., Venediktov D.L., et al. // Vopr. kurortol. — 2010. — 3. — P. 15–18 (in Russian).
22. Shindyaeva N.N., Aleksandrova M.S., Belova A.N. // Fizioterapiya, bal'neologiya, reabilitatsiya. — 2005. — 4. — P. 20–24 (in Russian).
23. Shpagina L.A., Gerasimenko O.P., Chernyshev V.M., Tret'yakov C.V. Endothelial dysfunction in vibration disease: clinical and pathogenetic aspects. — Novosibirsk: Sibmedizdat, 2004. — 148 p. (in Russian).
24. Dahlin L.B., Lundborg G. // Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg. — 2001. — Vol. 35. — № 3. — P. 225–232.
25. Kader K. N., Akella R., Ziats N.P. // Tissue. Eng. — 2000. — Vol. 6. — № 3. — P. 241–251.
26. Lindsell C.J., Griffin M.J. // Int. Arch. Occup. Environ. Health. — 2002. — Vol. 75. — № 1–2. — P. 43–54.

27. Simon A., Castro A., Kaski J.C. // Rev. Esp. Cardiol. — 2001. — Vol. 54. — № 2. — P. 211–217.

Поступила 08.06.2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Мирютова Наталья Федоровна (Mirutova N.F.),
рук. неврологич. отд. Филиала «Томский НИИ курорто-
логии и физиотерапии ФГБУ «Сибирский федеральный
НКИЦ Федерального медико-биологического агентства»,
д-р мед. наук, проф. E-mail: mirut@sibmail.com.
- Зайцев Алексей Александрович (Zaitsev A.A.),
дир. Филиала «Томский НИИ курортологии и физиотера-
пии ФГБУ «Сибирский федеральный НКИЦ Федерального
медико-биологического агентства», канд. мед. наук. E-mail:
prim@niikf.tomsk.ru.
- Паначева Людмила Алексеевна (Panacheva L.A.),
проф. каф. госпит. терапии и мед. реабилитации ГБОУ
ВПО «НГМУ», д-р мед. наук, проф.
- Заикина Екатерина Алексеевна (Zaikina E.A.),
асп. каф. госпит. терапии и мед. реабилитации ГБОУ ВПО
«НГМУ» МЗ РФ.

Ильницкий А.П., Соленова Л.Г. Актуальные вопросы профессионального рака в России

1

Бухтияров И.В., Иванов И.В., Семенов В.Н. Образовательные интернет-ресурсы при подготовке врачей по водолазной медицине

6

Турчанинов Д.В., Коваленко А.В., Брусенцова А.В., Сохошко И.А. Синдром профессионального выгорания у работников радиотелевизионного передающего центра

14

Перов С.Ю., Белая О.В. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты от электромагнитных полей радиочастотного диапазона

18

Васильева И.Н., Беспалов В.Г., Зинкин В.Н. Низкочастотный шум как вредный фактор, повышающий частоту хромосомных aberrаций и усиливающий клеточную гибель

22

Вильк М.Ф., Глуховский В.Д., Курьеров Н.Н., Панкова В.Б., Прокопенко Л.В. Современный методический подход к оценке акустической нагрузки на членов лётных экипажей воздушных судов гражданской авиации

27

Ходжиев М., Юшкова О.И., Шардакова Э.Ф., Капустина А.В. Физиологические особенности адаптации трудовых мигрантов из республик Средней Азии, проживающих на территории Московского региона

32

Дружинин В.Н., Черний А.Н. Остеоденситометрия в диагностике остеопороза у лиц виброопасных профессий

37

Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Момот Т.В. Изменение липидного состава мембран эритроцитов у водолазов, работающих на малых и средних глубинах

41

Шпагина Л.А., Котова О.С., Шпагин И.С., Герасименко О.Н. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких: фенотипические характеристики

47

Попкова В.А. Динамика показателей эндокринного профиля рабочих целлюлозно-бумажного комбината

54

Мирютова Н.Ф., Зайцев А.А., Паначева Л.А., Заикина Е.А. Эффективность лечебного применения физических факторов при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации (обзор литературы)

59

Il'itskiy A.P., Solenova L.G. Topical problems of occupational cancer in Russia

Bukhtiyarov I.V., Ivanov I.V., Sementsov V.N. Educational internet resources for doctors' training in diving medicine

Turchaninov D.V., Kovalenko A.V., Brusentsova A.V., Sokhoshko I.A. Occupational burnout syndrome in workers of radio and television broadcasting center

Perov S.Yu., Belaya O.V. Evaluating efficiency of individual protective means for electromagnetic fields in radiofrequency range

Vasil'eva I.N., Bespalov V.G., Zinkin V.N. Low-frequency noise as a hazard increasing occurrence of chromosomal aberrations and promoting cell death

Vil'k M.F., Gluhovskiy V.D., Kur'evov N.N., Pankova V.B., Prokopenko L.V. Contemporary methodic approach to evaluation of acoustic load on civil aircraft crew members

Khodzhiyev M., Yushkova O.I., Shardakova E.F., Kapustina A.V. Physiologic features of adaptation in Middle Asia migrants working on Moscow region territory

Druzhinin V.N., Cherniy A.N. Osteodensitometry in diagnosis of osteoporosis in occupations subjected to vibration

Fomenko S.E., Kushnerova N.F., Momot T.V. Changes in lipid content of RBC membranes in divers working on low and moderate depths

Shpagina L.A., Kotova O.S., Shpagin I.S., Gerasimenko O.N. Occupational chronic obstructive lung disease: phenotypic characteristics

Popkova V.A. Changes in endocrine profile of workers in pulp and paper plant

Miryutova N.F., Zaitsev A.A., Panacheva L.A., Zaikina E.A. Efficiency of therapeutically applied physical factors for vibration disease caused by exposure to local vibration (review of literature)