

Учредитель: Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

**Адрес учредителя и редакции:**

614045, Пермский край, г. Пермь,  
ул. Монастырская (Орджоникидзе), д. 82  
Тел.: 8 (342) 237-25-34  
E-mail: journal@fcrisk.ru  
Сайт: <http://journal.fcrisk.ru>

Редактор и корректор – М.Н. Афанасьева  
Технический редактор – М.М. Цинкер  
Переводчики – Н.В. Дубровская,  
Н.А. Трегубова

Все права защищены. Ни одна часть этого издания не может быть занесена в память компьютера либо воспроизведена любым способом без предварительного письменного разрешения издателя.

Выход в свет 30.03.2018.

Формат 90×60/8.

Усл. печ. л. 16,25.

Заказ № 50/2018.

Тираж 500 экз. Цена свободная.

Журнал зарегистрирован  
Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
Свидетельство о регистрации средства  
массовой информации ПИ № ФС 77-52552  
от 21.01.2013

Адрес издателя и типографии:  
614990, Пермь, Комсомольский пр., 29,  
к. 113, тел. 8 (342) 219-80-33

Отпечатано в Издательстве Пермского  
национального исследовательского  
политехнического университета (614990,  
Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113,  
тел. 8 (342) 219-80-33)

**Журнал распространяется по подписке**

**Подписной индекс журнала  
по каталогу «Межрегионального агентства  
подписки» «Почта России» – 04153**

ISSN (Print) 2308-1155

ISSN (Online) 2308-1163

ISSN (Eng-online) 2542-2308

Номер издается при финансовой поддержке  
Министерства образования и науки  
Пермского края

# АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Научно-практический журнал. Основан в 2013 г.

*Выходит 4 раза в год*

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Г.Г. Онищенко** – главный редактор, акад. РАН, д.м.н.,  
проф. (г. Москва)

**Н.В. Зайцева** – заместитель главного редактора, акад. РАН,  
д.м.н., проф. (г. Пермь)

**И.В. Май** – ответственный секретарь, д.б.н., проф. (г. Пермь)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

С.Л. Авалиани – д.м.н., проф. (г. Москва)

А.Б. Бакиров – акад. АН РБ, д.м.н., проф. (г. Уфа)

Е.Н. Беляев – чл.-корр. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

В.М. Боев – д.м.н., проф. (г. Оренбург)

И.В. Брагина – д.м.н. (г. Москва)

Р.В. Бузинов – д.м.н. (г. Архангельск)

И.В. Бухтияров – чл.-корр. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

В.Б. Гурвич – д.м.н. (г. Екатеринбург)

И. Дардынская – д.м.н., проф. (г. Чикаго, США)

М.А. Землянова – д.м.н. (г. Пермь)

У.И. Кенесариев – чл.-корр. АМН Казахстана, д.м.н., проф.  
(г. Алматы, Казахстан)

Т. Кронберг – д.э.н., д.т.н. (г. Руваслахти, Финляндия)

С.В. Кузьмин – д.м.н., проф. (г. Екатеринбург)

В.В. Кутырев – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Саратов)

В.Р. Кучма – чл.-корр. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

А.В. Мельцер – д.м.н., проф. (г. Санкт-Петербург)

А.Я. Перевалов – д.м.н., проф. (г. Пермь)

Ю.П. Пивоваров – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

А.Ю. Попова – д.м.н., проф. (г. Москва)

В.Н. Ракитский – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

А.В. Решетников – акад. РАН, д.м.н., д.социол.н., проф.  
(г. Москва)

С.И. Савельев – д.м.н., проф. (г. Липецк)

П.С. Спенсер – проф. (г. Портланд, США)

В.Ф. Спиринов – д.м.н., проф. (г. Саратов)

А. Тсакалоф – проф. (Ларисса, Греция)

В.А. Тутельян – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

Х.Х. Хамидулина – д.м.н., проф. (г. Москва)

С.А. Хотимченко – д.м.н., проф. (г. Москва)

Л.М. Шевчук – к.м.н. (г. Минск, Белоруссия)

Н.В. Шестопалов – д.м.н., проф. (г. Москва)

П.З. Шур – д.м.н. (г. Пермь)

1

Январь 2018 март

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ</b>	
<i>А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов</i>	<b>4</b>
<b>НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТЕГРАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И РИСК- ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НАДЗОРА</b>	
<b>НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ</b>	
<i>В.М. Дубянский, Д.А. Прислегина, А.Н. Куличенко</i>	<b>13</b>
<b>РИСК-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО КРЫМСКОЙ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКЕ (НА ПРИМЕРЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)</b>	
<i>Д.А. Шапошников, Б.А. Ревич</i>	<b>22</b>
<b>О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ВЫЧИСЛЕНИЮ РИСКОВ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЛН ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ</b>	
<b>ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИ- ЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ</b>	
<i>С.Е. Зеленкин, П.З. Шур, Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая, В.А. Хорошавин, В.М. Ухабов</i>	<b>32</b>
<b>ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ФТАЛАТОВ С МОЛОКОМ, УПАКОВАННЫМ В ПОЛИМЕРНУЮ И ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩУЮ ТАРУ</b>	
<i>Н.Х. Давлетова, Е.А. Тафеева</i>	<b>39</b>
<b>ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА И РИСКИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТКРЫТЫХ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. КАЗАНИ)</b>	
<b>МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА</b>	
<i>С.Ф. Соснина, П.В. Окатенко</i>	<b>47</b>
<b>ПОСЛЕДСТВИЯ МАТЕРИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ: РИСК ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ У ДЕТЕЙ</b>	
<i>И.Г. Ненахов, Ю.И. Стёпкин, И.А. Якимова</i>	<b>59</b>
<b>ОЦЕНКА СПЕЦИФИКИ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ СОТРУДНИКОВ АККРЕДИТОВАННОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЦЕНТРА В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
<b>PREVENTIVE MEDICINE: URGENT ASPECTS OF RISK ANALYSIS</b>	
<i>A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva, I.V. May, D.A. Kiryanov</i>	<b>4</b>
<b>REGULATORY-LEGAL AND METHODOICAL ASPECTS OF SOCIAL-HYGIENIC MONITORING AND RISK-ORIENTED SURVEILLANCE MODEL INTEGRATION</b>	
<b>SCIENTIFIC AND METHODOICAL APPROACHES TO RISK ANALYSIS IN HYGIENE AND EPIDEMIOLOGY</b>	
<i>V.M. Dubyanskiy, D.A. Prislegina, A.N. Kulichenko</i>	<b>13</b>
<b>RISK-ORIENTED MODEL FOR PREDICTING EPIDEMIOLOGICAL SITUATION WITH CRIMEAN-CONGO HEMORRHAGIC FEVER (ON THE EXAMPLE OF STAVROPOL REGION)</b>	
<i>D.A. Shaposhnikov, B.A. Revich</i>	<b>22</b>
<b>ON SOME APPROACHES TO CALCULATION OF HEALTH RISKS CAUSED BY TEMPERATURE WAVES</b>	
<b>RISK ASSESSMENT PRACTICE IN HYGIENIC AND EPIDEMIOLOGICAL STUDIES</b>	
<i>S.E. Zelenkin, P.Z. Shur, T.S. Ulanova, T.D. Karnazhitskaya, V.A. Khoroshavin, V.M. Ukhayov</i>	<b>32</b>
<b>ASSESSMENT OF HEALTH RISK CAUSED BY PHTHALATES PENETRATING A BODY WITH MILK IN POLYMER AND POLYMER- CONTAINING PACKAGE</b>	
<i>N.Kh. Davletova, E.A. Tafeyeva</i>	<b>39</b>
<b>INFLUENCE EXERTED BY NATURAL-CLIMATIC CONDITIONS ON AIR QUALITY ON AREAS WHERE OPEN-AIR SPORT FACILITIES ARE LOCATED (ON THE EXAMPLE OF KAZAN)</b>	
<b>MEDICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF THE ASSESSMENT OF THE RISK FACTORS</b>	
<i>S.F. Sosnina, P.V. Okatenko</i>	<b>47</b>
<b>CONSEQUENCES WHICH MOTHERS' IRRADIATION HAS: RISKS OF CHILDREN'S CONGENITAL MALFORMATIONS</b>	
<i>I.G. Nenakhov, Yu.I. Stepkin, I.A. Yakimova</i>	<b>59</b>
<b>ASSESSMENT OF SENSORIMOTOR REACTIONS PECULIARITIES DETECTED IN CERTIFIED TEST LABORATORY CENTER STAFF DURING THEIR OCCUPATIONAL ACTIVITIES</b>	

## **ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА**

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

**ОЦЕНКА РИСКА УТОМЛЕНИЯ У РАБОТНИКОВ  
НЕВРО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ТРУДА**

*В.А. Логинова, Г.Г. Онищенко*  
**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ  
ФОРМИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА  
ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ  
ТРАНСПОРТЕ И НАСЕЛЕНИЯ  
(НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ  
ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ)**

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ**

*Н.В. Зайцева, М.А. Землянова*  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ  
АЭРОЗОЛЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА  
МАРГАНЦА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ОПАСНОСТИ ЗДОРОВЬЮ РАБОТАЮЩИХ  
И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОЙ  
ЭКСПОЗИЦИИ**

*А.В. Воронков, А.С. Лысенко, А.Ф. Бандура*  
**ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ  
ПИРИМИДИН-4-ОНА НА ПОКАЗАТЕЛИ  
АУТОРЕГУЛЯЦИИ МОЗГОВОГО  
КРОВООБРАЩЕНИЯ И ВАЗОДИЛАТИРУЮЩУЮ  
ФУНКЦИЮ ЭНДОТЕЛИЯ СОСУДОВ  
ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС НА ФОНЕ  
ХРОНИЧЕСКОЙ ГЕМИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ**

## **ИНФОРМИРОВАНИЕ О РИСКАХ. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ**

*М.А. Патышина, М.В. Трофимова, Л.Г. Авдонина,  
Л.Т. Гараева, Г.Р. Мансурова*  
**МЕЖВЕДОМСТВЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ  
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ  
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В ПЕРИОД  
ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ КУБКА  
КОНФЕДЕРАЦИЙ FIFA 2017 Г. В Г. КАЗАНИ**

## **АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ**

*Е.В. Брагин*  
**ОБЗОР ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ  
СТАРЧЕСКОЙ КАТАРАКТЫ**

## **НОВЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ, НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СФЕРЕ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ**

## **HEALTH RISK MANAGEMENT IN OCCUPATIONAL MEDICINE**

**66** *I.V. Bukhtiyarov, O.I. Yushkova,  
M.A. Fesenko, A.G. Merkulova*  
**FATIGUE RISK ASSESSMENT FOR WORKERS  
WITH NEURO-EMOTIONAL LABOR**

**78** *V.A. Loginova, G.G. Onishchenko*  
**CONDITIONS WHICH CAUSE RISK FACTORS  
FOR RAILROAD TRANSPORT WORKERS  
AND POPULATION: HYGIENIC ASSESSMENT  
(ON THE EXAMPLE OF SOUTH-EASTERN  
RAILWAY)**

## **EXPERIMENTAL MODELS AND INSTRUMENTAL SURVEYS FOR RISK ASSESSMENT IN HYGIENE AND EPIDEMIOLOGY**

**89** *N.V. Zaitseva, M.A. Zemlyanova*  
**RESEARCH ON ACUTE TOXICITY  
OF NANODISPERSE MANGANESE OXIDE  
AEROSOL FOR PREDICTING HEALTH HAZARDS  
FOR WORKERS AND POPULATION UNDER  
INHALATION EXPOSURE**

**98** *A.V. Voronkov, A.S. Lysenko, A.F. Bandura*  
**INFLUENCE EXERTED BY NEW PYRIMIDINE  
DERIVATIVES ON CEREBRAL CIRCULATION  
AUTO-REGULATION AND VASODILATING  
FUNCTION OF VESSELS ENDOTHELIUM IN  
RATS' BRAINS UNDER CHRONIC HEMIC  
HYPOXIA**

## **RISK MANAGEMENT. RISK COMMUNICATION**

**104** *M.A. Patyashina, M.V. Trofimova, L.G. Avdonina,  
L.T. Garaeva, G.R. Mansurova*  
**INTERDEPARTMENTAL INTERACTION  
ON PROVIDING BIOLOGICAL SAFETY ON  
TATARSTAN REPUBLIC TERRITORY  
DURING PREPARATIONS FOR 2017 FIFA  
CONFEDERATIONS CUP IN KAZAN**

## **SCIENTIFIC REVIEWS**

**113** *E.V. Bragin*  
**RISK FACTORS WHICH CAUSE SENILE  
CATARACT EVOLVEMENT: OUTLINE**

**126** **NEW RF LEGAL, REGULATORY,  
AND METHODOLOGICAL DOCUMENTS  
IN THE HEALTH RISK ANALYSIS SPHERE**

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

---

УДК 616-02: 614.78

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.01

## НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТЕГРАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НАДЗОРА

А.Ю. Попова<sup>1</sup>, Н.В. Зайцева<sup>2</sup>, И.В. Май<sup>2</sup>, Д.А. Кирьянов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральная служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Россия, 127994, г. Москва, Вадковский переулок, 18, строение 5 и 7

<sup>2</sup>Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

---

*Показано, что на момент масштабной административной реформы контрольно-надзорной деятельности в Российской Федерации в Роспотребнадзоре имелся эффективный инструмент, органично сопрягаемый с контрольно-надзорными функциями – система социально-гигиенического мониторинга (СГМ). Сопряжение контрольно-надзорной деятельности и социально-гигиенического мониторинга представляет собой процесс взаимной интеграции обеих систем, при котором результаты, полученные в одной из них, являются базой для планирования в другой. Контрольно-надзорная деятельность должна дать четкие адресные рекомендации для системы СГМ по объектам, в зонах влияния которых должны проводиться системные наблюдения. Формируются данные о том, нарушения каких обязательных требований характерны и наиболее вероятны для объекта надзора. В рамках мониторинга решается задача научно обоснованного выбора точек и формирования программ мониторинга в тесной увязке с зоной влияния источника риска. Результаты измерений имеют целью доказательно и четко указывать на наличие и уровень недопустимого риска здоровью или угрозу причинения вреда жизни и здоровью человека, а также на объект, формирующий эту угрозу. При этом каждая из функций продолжает решать независимые, присущие только ей задачи.*

*Обе системы – и социально-гигиенического мониторинга, и контрольно-надзорной деятельности – приобретают динамический характер. Точки мониторинга и программы наблюдений изменяются адекватно действиям контрольных органов и мерам реагирования на эти действия самих хозяйствующих субъектов. Контрольно-надзорные органы получают инструмент дополнительного подтверждения эффективности и результативности собственных мероприятий за предшествующие временные периоды и мониторинга результативности мер реагирования объектов. Информативно-аналитические возможности управления санэпидблагополучием населения существенно расширяются.*

*Цикличность процессов управления систем с временными интервалами между отдельными шагами в один год приводит к существенным затратам времени, необходимым для достижения оптимальных параметров. Полный цикл управления для каждой отдельной системы составляет 4 года, а для сопряженной – 8 лет.*

**Ключевые слова:** социально-гигиенический мониторинг, контрольно-надзорная деятельность, сопряжение, риск-ориентированная модель, управление.

---

Реформа контрольно-надзорной деятельности в Российской Федерации, переход на риск-ориентированные подходы, имея основной целью снижение общего административного бремени на бизнес, ни в коей мере не должны привести к утрате управляемости ситуации со стороны государства. Это особенно касается

тех сфер надзора, где охраняемыми ценностями являются жизнь и здоровье граждан страны.

Органы санитарного надзора России в течение почти 100-летнего существования постоянно совершенствовали методы и формы гигиенических и эпидемиологических оценок при выявлении основных угроз и опасностей для

---

© Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., 2018

**Попова Анна Юрьевна** – доктор медицинских наук, профессор, руководитель (e-mail: depart@gsen.ru; тел.: 8 (499) 458-95-63).

**Зайцева Нина Владимировна** – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34).

**Май Ирина Владиславовна** – доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе (e-mail: may@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-32-64).

**Кирьянов Дмитрий Александрович** – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

здоровья граждан страны [1]. Как следствие, на момент существенной административной перестройки в дополнение к механизмам контроля и надзора в распоряжении службы имеется широкий набор инструментов для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения страны. Одним из таких инструментов, причем наиболее эффективным, является социально-гигиенический мониторинг (СГМ) [1–3]. Действующее на текущий момент «Положение о проведении социально-гигиенического мониторинга»<sup>1</sup>, утвержденное Постановлением правительства Российской Федерации № 60 от 2 февраля 2006 г., определяет основными задачами СГМ:

- гигиеническую оценку факторов среды обитания и здоровья населения;
- выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения;
- установление причин и выявление условий возникновения и распространения инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний (отравлений);
- подготовку предложений по устранению выявленных вредных воздействий факторов среды обитания человека.

Социально-гигиенический мониторинг изначально был призван аккумулировать информацию, обеспечивающую установление причинно-следственных связей между здоровьем россиян и факторами, на него влияющими, и обеспечивать информационную поддержку управляющих решений на различных уровнях государственности. В результате СГМ сформирован как сложная открытая система многолетнего сбора и обработки разнородных данных о параметрах среды обитания, социально-экономических показателях жизни населения регионов страны, медико-демографических характеристиках общества в целом и отдельных контингентов населения [3, 4].

Как и любая сложная система, интегрирующая потоки данных из разных источников, СГМ имеет ряд недостатков, требующих устранения. Однако на сегодня никакая иная государственная система мониторинга в Российской Федерации не носит столь межведомственного характера и не ориентирована на сбор и обработку столь разнообразной информации, как СГМ. За годы функционирования системы накоплены результаты инструментальных измерений качества среды обитания населения всех субъектов Российской Федерации. Только в 2017 г. в рамках СГМ на территории страны органами и организациями Роспотребнадзора было отобрано и проанализировано более 1,1 миллиона проб атмосферного воздуха, выполнено измерение показателей качества питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения более чем в 11 тысячах точек мониторинга, почв – более чем в 8 тысячах точек мест постоянного проживания людей<sup>2</sup>. Сформированный федеральный информационный фонд имеет практически неисчерпаемый аналитический потенциал и позволяет выполнять наукоемкую обработку данных для решения самых разных задач, в том числе в сфере совершенствования контроля и надзора [5–7].

Следует отметить, что система создавалась с возможностью функционального развития. Наиболее существенным поступательным изменением в СГМ с момента ее создания стало использование методологии оценки риска здоровью при воздействии вредных факторов среды обитания. Получаемые результаты по оценке рисков для здоровья сделали возможным выделение региональных и локальных приоритетных факторов, установление зон с высокими уровнями рисков для здоровья или, напротив, территорий санитарно-эпидемиологического благополучия [8, 9].

Принципиально новым и дающим дополнительный импульс для развития системы социально-гигиенического мониторинга стало закрепление Федеральным законом № 277-ФЗ от 03.07.2016 г.<sup>3</sup> понятия «мероприятия по контро-

<sup>1</sup> Об утверждении положения о проведении социально-гигиенического мониторинга: Постановление Правительства РФ от 2 февраля 2006 г. № 60. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/46/46812/](http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46812/) (дата обращения: 20.01.2018).

<sup>2</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. – 217 с.

<sup>3</sup> О внесении изменений в Федеральный закон «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»: Федеральный закон № 277-ФЗ от 03.07.2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_200571/3d0cac60971a511280cbba229d9b6329c07731f7/#dst100049](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200571/3d0cac60971a511280cbba229d9b6329c07731f7/#dst100049) (дата обращения: 12.02.2018).

лю без взаимодействия с юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями». Вводимая в закон ст. 8.3 определяет, что к мероприятиям по контролю, при проведении которых не требуется взаимодействие государственного органа с юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, относятся среди прочих «...исследование и измерение параметров природных объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, вод, почвы, недр) при осуществлении государственного... социально-гигиенического мониторинга в порядке, установленном законодательством Российской Федерации».

Таким образом, законодательно закрепляется прямая связь между двумя важнейшими функциями Роспотребнадзора – осуществлением контрольно-надзорных действий и ведением социально-гигиенического мониторинга. Сопряжение двух функций службы достаточно гармонично и обоснованно. Поскольку СГМ изначально имел в качестве важнейшей задачи исследований связи в системе «среда–здоровье»,

в зоне его внимания всегда были объекты, которые являлись источниками угроз, опасностей и рисков для здоровья человека. В свою очередь новая модель контрольно-надзорной деятельности имеет задачей повышение плотности надзора на объектах, формирующих наибольшие риски для охраняемых ценностей, прежде всего – жизни и здоровья граждан [10–13]. При этом контроль и надзор предполагает предупреждение, выявление и пресечение фактов нарушений санитарного законодательства, в том числе в части нарушений, которые имеют следствием загрязнение среды обитания населения [14].

В таких условиях сопряжение контрольно-надзорной деятельности и социально-гигиенического мониторинга представляет собой процесс взаимной интеграции обеих систем, при котором результаты, полученные в одной из них, являются базой для планирования в другой. При этом каждая система продолжает решать независимые, присущие только ей задачи (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема сопряжения социально-гигиенического мониторинга и контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора

Вместе с тем взаимопроникновение систем требуют от каждой из них постановки и решения новых для себя задач. Контрольно-надзорная деятельность должна дать четкие адресные рекомендации для системы СГМ по объектам, в зонах влияния которых должны проводиться системные наблюдения. Именно по результатам контрольно-надзорной деятельности должен быть сформирован посыл о том, нарушения каких обязательных требований характерны и наиболее вероятны для объекта надзора.

Перед системой социально-гигиенического мониторинга встает задача научного обоснования точек и формирования программ мониторинга в тесной увязке с зоной влияния источника риска. Результаты измерений, как следствие, должны доказательно четко указывать на наличие и уровень недопустимого риска здоровью или угрозу причинения вреда жизни и здоровью человека, а также на объект, формирующий эту угрозу.

Итогом сближения двух систем является их взаимное обогащение:

- программы инструментальных исследований, сформированные с учетом категорирования объектов по рискам причинения вреда здоровью человека, могут и должны позволить получать более информативные данные;
- результаты исследований, получаемые в рамках корректно и адресно сформированных программ, могут, в свою очередь, служить информационной основой для мероприятий по контролю без взаимодействия с юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями.

Такое взаимное управление приводит к тому, что обе системы – и социально-гигиенического мониторинга и контрольно-надзорной деятельности – приобретают динамический циклический характер. Точки мониторинга и программы наблюдений изменяются адекватно действиям контрольных органов и мерам реагирования на эти действия самих хозяйствующих субъектов.

Контрольно-надзорные органы получают инструмент дополнительного подтверждения эффективности и результативности собственных мероприятий за предшествующие временные периоды и мониторинга результативности мер реагирования объектов.

Существенно расширяется информационно-аналитическая база управления в целом. В теории управления принцип динамического планирования, известный как цикл Деминга,

предусматривает постоянное регулирование качества получаемых в процессе деятельности результатов за счет последовательного чередования шагов, которые условно можно обозначить как «планирование – выполнение – проверка – воздействие». По существу цикл Деминга в приложении к функции Роспотребнадзора представляет собой процесс последовательного повышения эффективности деятельности (оптимизации) за счет организации планирования мероприятий по надзору с учетом результатов проведения социально-гигиенического мониторинга, а планирование мониторинговых исследований, в свою очередь, с учетом результатов проверок на производственных объектах.

Особенностью процесса оптимизации контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора является разделение отдельных шагов на различные временные отрезки. Иначе говоря, если планирование выполняется на временном отрезке  $t$ , то выполнение надзорной функции производится на  $t + 1$ , проведение контроля результатов –  $t + 2$ , их анализ и оптимизация деятельности на временном отрезке  $t + 3$ . По существу этот процесс носит спиралевидный характер. Учитывая специфику планирования, организации и проведения контрольно-надзорных мероприятий в системе Роспотребнадзора, величина интервала времени между шагами (временной лаг) составляет 1 год.

Повышение эффективности контрольно-надзорной деятельности неразрывно связано с подобным процессом в отношении социально-гигиенического мониторинга.

При общей схожести процессов оптимизации контрольно-надзорной деятельности и социально-гигиенического мониторинга отличительной чертой последнего является направленность цикла в противоположную сторону. Но так как циклы имеют общие элементы, оба спиралевидных процесса взаимодействуют друг с другом. На рис. 2 приведено трехмерное представление взаимодействия циклов управления контрольно-надзорной деятельностью (стрелки синего цвета) и системы СГМ (стрелки красного цвета).

Цикличность процессов управления систем с временными интервалами между отдельными шагами в один год приводит к существенным затратам времени, необходимым для достижения оптимальных параметров. Из схем, представленных на рис. 2, видно, что полный цикл управления для каждой отдельной системы составляет 3–4 года, а для сопряженной – 6–8 лет.

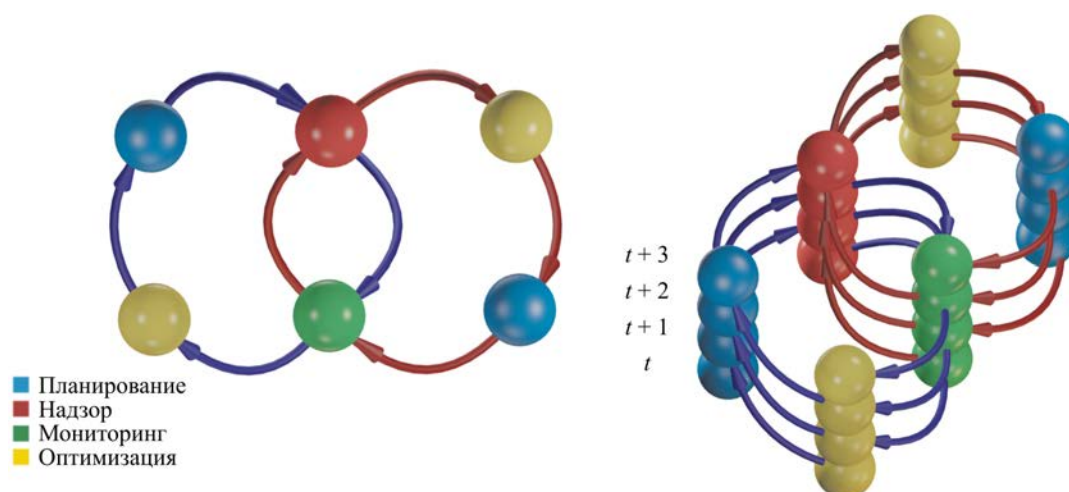


Рис. 2. Трехмерное представление взаимодействия циклов управления контрольно-надзорной деятельностью (стрелки синего цвета) и системы СГМ (стрелки красного цвета)

Следует отметить также, что хотя временные задержки приводят к увеличению времени поиска оптимальных решений, процесс управления носит постоянный характер. Более того, в условиях непрерывно меняющейся социально-экономической, санитарно-эпидемиологической, медико-демографической ситуации получаемые оптимальные решения будут носить неустойчивый характер. Следовательно, основной задачей управления сопряженной системой «контрольно-надзорная деятельность – социально-гигиенический мониторинг» является формирование максимально эффективных управленческих решений по ее улучшению.

Реализация теоретических подходов к оптимизации контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора на уровне региона требует разработки и внедрения новых методов комплексного планирования, основанного на взаимодействии подразделений службы в области информационного обмена и системного анализа данных ведомственного статистического учета и информационного фонда СГМ.

Необходимыми условиями интеграции систем являются:

- ведение реестра ЮЛ и ИП, подлежащих надзору;
- расчеты для каждого объекта надзора потенциальных рисков причинения вреда здо-

ровью для задач категорирования (классификации) и планирования надзорных мероприятий<sup>4</sup>;

- выделение объектов, относимых к категориям чрезвычайно высокого и высокого риска для здоровья населения в регионе;

- пространственная привязка этих объектов к территориям;

- обоснование «профилей риска» объектов надзора – системы показателей, характеризующих приоритетные факторы, формирующие общий уровень риска объекта и их внутренние взаимосвязи;

- сопряжение уровней риска объекта с медико-демографическими показателями территорий и выделение территорий с наиболее высокой долей смертности и заболеваемости, ассоциированной с рисками, формируемыми объектами надзора в результате нарушения санитарного законодательства;

- формирование программ СГМ с учетом следующих требований: точка мониторинга располагается на территории наибольшего потенциального риска причинения вреда здоровью объектом надзора при нарушении санитарного законодательства и наибольшего уровня смертности и заболеваемости, ассоциированной с вредным фактором; программа мониторинга направлена на измерение факторов, формирующих наибольшие риски для здоровья; про-

<sup>4</sup> О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации (вместе с «Правилами отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности»): Постановление Правительства РФ № 806 от 17.08.2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420372694> (дата обращения: 12.02.2018).



грамма мониторинга включает минимально-достаточное число наблюдений для последующей аналитической обработки.

Результаты социально-гигиенического мониторинга должны учитываться при планировании и оценке эффективности контрольно-надзорной деятельности. Если результаты СГМ показали наличие опасных для здоровья человека уровней загрязнения среды обитания – важнейшей задачей становится корректировка контрольно-надзорных мероприятий в отношении объектов, которые могут являться источниками этого загрязнения.

Такой подход максимально соответствует ориентации контрольно-надзорной деятельности на конечный результат – сохранение здоровья населения. Однако новые задачи существенно повышают требования к каждому элементу социально-гигиенического мониторинга и риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности службы.

Ужесточаются требования к качеству реестров объектов санитарно-эпидемиологического надзора, корректности и прозрачности расчета категории объекта по риску причинения вреда здоровью.

Появляется задача выделения приоритетных рисковенных факторов химической, биологической, физической природы, которые должны подлежать измерению. Расширяется потребность органов службы в инструментах ситуационного моделирования, в том числе на базе ГИС-платформ [14–16].

Крайне актуальной становится разработка научно-методической базы учета, доказательства и регистрации случаев причинения вреда жизни и здоровью человека в результате нарушения санитарного законодательства, подтвержденного результатами измерений СГМ.

Особое значение приобретает информационно-аналитический инструментарий данных. Принимая в внимание, что в соответствии с п. 4 ст. 8.3. 294-ФЗ мероприятия по контролю без взаимодействия с юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями должны осуществляться на основании заданий, утверждаемых руководством надзорного органа, крайне актуальной становится разработка принципов формирования задания, его оформления и вида представления результатов мероприятия.

Опыт реализации прав на проведение мероприятий по контролю без взаимодействия с ЮЛ или ИП (в областях, не связанных с санитарным надзором) свидетельствует, что задание

должно содержать четкие указания на цель проведения мероприятия, дату его проведения, сведения об объекте, в отношении которого будет проводиться мероприятие (местоположение, адрес, сведения о принадлежности объекта и праве, на котором объект принадлежит правообладателю). Все процедуры должны быть строго документированы. Результаты мероприятия оформляются в виде акта о проведении мероприятия, который должен содержать: указание на вид проведенного мероприятия, сведения о задании, на основании которого производится мероприятие, дату или период проведения мероприятия, время его начала и окончания, сведения об участниках мероприятия, краткое описание действий должностного лица, участников мероприятия, информацию о данных, полученных при его проведении, в том числе результаты осмотров, обследований, исследований, измерений, наблюдений, сведения о технических средствах, при помощи которых производились технические измерения, а также фиксацию результатов (хода проведения) мероприятий, сведения о приложениях к акту, а также пояснения, дополнения и замечания участников мероприятия.

Схемы, таблицы, протоколы измерений и иные подтверждающие технические материалы, оформленные в установленном порядке, являются приложением к акту.

Таким образом, являясь крайне актуальной, задача сопряжения социально-гигиенического мониторинга и контрольно-надзорной деятельности требует:

- разработать и утвердить новую редакцию Положения об СГМ в связи с выходом Федерального закона № 277-ФЗ от 29 июня 2016 г. «О внесении изменений в федеральный закон "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля" и Федерального закона "О стратегическом планировании в Российской Федерации»;

- выработать научный подход к формированию «профилей риска» объектов санитарно-эпидемиологического надзора вследствие нарушения санитарного законодательства;

- научно обосновать методические подходы к выбору точек мониторинга и формированию программ инструментальных исследований атмосферного воздуха, природных и питьевых вод, почв в зонах влияния объектов, относимых к категориям чрезвычайно высокого, высокого или значительного риска причи-

нения вреда здоровью человека вследствие нарушений обязательных требований к качеству объектов среды обитания;

– разработать и документировать методические подходы к ряду исследований в рамках СГМ как мероприятий по контролю без взаимодействия с ЮЛ или ИП в зонах влияния деятельности хозяйствующих субъектов объектов чрезвычайно высокого, высокого и значительного риска для здоровья;

– разработать и нормативно закрепить требования по оформлению результатов отбора проб и выполнения измерений в ходе мероприятий по контролю без взаимодействия с ЮЛ, ИП;

– выработать научные и организационные подходы к установлению, доказыванию и регистрации случаев причинения вреда здоровью человека при нарушении обязательных требований объектами санитарно-эпидемиологического надзора.

### Список литературы

1. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 251, № 2. – С. 4–7.
2. Нечухаева Е.М., Маслов Д.В., Афанасьева С.И. Актуальные задачи социально-гигиенического мониторинга на региональном уровне // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2010. – Т. 41–42, № 1–2. – С. 39–40.
3. Организация социально гигиенического мониторинга на территории Архангельской области / Р.В. Бузинов, Т.Н. Унгурияну, Н.К. Лазарева, А.Б. Гудков // Экология человека. – 2006. – № 7. – С. 3–8.
4. Цунина Н.М., Жернов Ю.В. Алгоритм применения результатов социально-гигиенического мониторинга на региональном уровне // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2016. – Т. 24, № 2. – С. 77–81.
5. Капранов С.В. Разработка современной системы мониторинга среды жизнедеятельности и состояния здоровья населения // Университетская клиника. – 2017. – № 4–2 (25). – С. 57–62.
6. Применение многомерных статистических методов при выполнении задач совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы социально-гигиенического мониторинга / Г.Т. Айдинов, Б.И. Марченко, Л.В. Софьяникова, Ю.А. Синельникова // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – № 7. – С. 4–8.
7. Грозаву И.И., Курбанбаева Д.Ф., Шматко А.Д. Направления совершенствования социально-гигиенического мониторинга // NovaInfo. Ru. – 2016. – Т. 2, № 54. – С. 307–311.
8. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. Оптимизация программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха селитебных территорий в системе социально-гигиенического мониторинга на базе пространственного анализа и оценки риска для здоровья населения // Пермский медицинский журнал. – 2010. – Т. 27, № 2. – С. 130–138.
9. Проблемы совершенствования системы управления качеством окружающей среды на основе анализа риска здоровью населения / С.Л. Авалиани, С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Н.С. Додина, В.А. Кислицин, А.Л. Мишина // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 6. – С. 5–8.
10. Better regulation in Europe: Executive summaries [Электронный ресурс] // OECD. – 2010. – 157 p. – URL: [www.oecd.org/gov/regulatory-policy/45079126.pdf](http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/45079126.pdf) (дата обращения: 02.02.2018).
11. Risk factors associated with infantile spasms: a hospital-based case-control study in Taiwan / H.H. Liou, P.C. Oon, H.C. Lin, P.J. Wang, T.H. Chen // Epilepsy Research. – 2001. – Vol. 47, № 1–2. – P. 91–98.
12. Khan F.I., Sadiq R., Husain T. Risk-based process safety assessment and control measures design for off-shore process facilities // Journal of Hazardous Materials. – 2002. – Vol. 94, № 1. – P. 1–36.
13. Совершенствование социально-гигиенического мониторинга за условиями труда работников с использованием системы производственного контроля / И.Г. Элиович, А.В. Мельцер, И.Ш. Якубова, П.Р. Аллояров, О.А. Историк, Е.Н. Панкина, А.Ю. Жирнов // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 339–343.
14. Социально-гигиенический мониторинг и информационно-аналитические системы обеспечения оценки и управления риском для здоровья населения и риск-ориентированной модели надзорной деятельности / С.В. Кузьмин, В.Б. Гурвич, О.В. Диконская, Б.И. Никонов, О.Л. Малых, С.В. Ярушин, Е.А. Кузьмина, Н.И. Кочнева, А.С. Корнилов // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 12. – С. 1130–1136.
15. A GIS-based national Emission inventory of major VOCs and risk assessment. Part II – Quantitative verification and risk assessment using an air dispersion model / B.K. Kwak, J.H. Kim, J. Yi, H.-S. Park, N.G. Kim, K. Choi // Korean Journal of Chemical Engineering. – 2010. – Vol. 27, № 1. – P. 121–128.
16. Fushimi A., Kawashima H., Kajihara H. Source apportionment based on an atmospheric dispersion model and multiple linear regression analysis // Atmospheric Environment. – 2005. – Vol. 39, № 7. – P. 1323–1334.

*Нормативно-правовые и методические аспекты интеграции социально-гигиенического мониторинга и риск-ориентированной модели надзора / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.01*

UDC 616-02:614.78

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.01.eng

## REGULATORY-LEGAL AND METHODOICAL ASPECTS OF SOCIAL-HYGIENIC MONITORING AND RISK-ORIENTED SURVEILLANCE MODEL INTEGRATION

**A.Yu. Popova<sup>1</sup>, N.V. Zaitseva<sup>2</sup>, I.V. May<sup>2</sup>, D.A. Kiryanov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 18 Vadkovskiy lane, build 5 and 7, Moscow, 127994, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

*The authors stress in the paper that at a moment when a large-scale administrative reform of control-surveillance activities in the Russian Federation took place there was an efficient tool greatly compatible with control and surveillance activities, a so called social-hygienic monitoring system. When control and surveillance activities and social and hygienic monitoring are brought together, it is a process when mutual integration of both systems takes place; results obtained in one of them give grounds for planning in another. Control and surveillance activities should give precise and targeted recommendations for the social social-hygienic monitoring system for those objects which are to be observed systematically. Both systems accumulate data on which obligatory requirement this or that surveillance object is likely to violate. The monitoring systems allows to make scientifically grounded choice on observation points and monitoring programs development taking all zones influenced by risk sources into account.*

*Measurement results are aimed at validated and precise determination of unacceptable health risk occurrence or threats to human life or health as well as an object causing such threats. But still each systems continues to solve each own tasks attributable only to it.*

*Both systems, social-hygienic monitoring and control and surveillance activates, are becoming dynamic. Monitoring points and observations programs are changing in accordance with surveillance authorities actions and economic entities reactions to such actions. Control and surveillance authorities get another tool which helps to further validate their efficiency over the previous time periods.*

*System management processes are cyclic and have time gaps between specific stages during a year; it causes substantial time expenses which are necessary to obtain optimal parameters. The overall management cycle for one system is equal to 4 years, and for combined systems, 8 years.*

**Key words:** social-hygienic monitoring, control and surveillance activities, combination, risk-oriented model, management.

### References

1. Popova A.Yu. Ctrategicheskie priorityety Rossiiskoi Federatsii v oblasti ekologii s pozitsii sokhraneniya zdorov'ya natsii [Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2014, vol. 251, no. 2, pp. 4–7 (in Russian).
2. Nechukhaeva E.M., Maslov D.V., Afanas'eva S.I. Aktual'nye zadachi sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa na regional'nom urovne [Vital issues of social-hygienic monitoring at a regional level]. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka*, 2010, vol. 41–42, no. 1–2, pp. 39–40 (in Russian).
3. Buzinov R.V., Unguryanu T.N., Lazareva N.K., Gudkov A.B. Organizatsiya sotsial'no igienicheskogo monitoringa na territorii Arkhangel'skoi oblasti [Organization of social-hygienic monitoring in Arkhangelsk region]. *Ekologiya cheloveka*, 2006, no. 7, pp. 3–8 (in Russian).
4. Tsunina N.M., Zhernov Yu.V. Algoritm primeneniya rezul'tatov sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa na regional'nom urovne [The algorithm of application of results of social hygienic monitoring at regional level]. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny*, 2016, vol. 24, no. 2, pp. 77–81 (in Russian).

© Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A., 2018

**Anna Yu. Popova** – Doctor of Medicine, Professor, Head (e-mail: depart@gsen.ru; tel.: +7 (499) 458-95-63).

**Nina V. Zaitseva** – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Research Supervisor (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34).

**Irina V. May** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work (e-mail: may@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64).

**Dmitry A. Kiryanov** – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04).

5. Kapranov S.V. Razrabotka sovremennoi sistemy monitoringa sredy zhiznedeystel'nosti i sostoyaniya zdorov'ya naseleniya [Composition of the modern monitoring system of the environment of lifetime and status of population health]. *Universitetskaya klinika*, 2017, no. 4–2 (25), pp. 57–62 (in Russian).
6. Aidinov G.T., Marchenko B.I., Sofyanikova L.V., Sinel'nikova Yu.A. Primenenie mnogomernykh statisticheskikh metodov pri vypolnenii zadach sovershenstvovaniya informatsionno-analiticheskogo obespecheniya sistemy sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa [The application of multidimensional statistical methods in the tasks of improving of information and analytical providing of the system socio-hygienic monitoring]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2015, no. 7, pp. 4–8 (in Russian).
7. Grozavu I.I., Kurbanbaeva D.F., Shmatko A.D. Napravleniya sovershenstvovaniya sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa [Trends in social-hygienic monitoring development]. *Novaya Info. Ru*, 2016, vol. 2, no. 54, pp. 307–311 (in Russian).
8. Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V. Optimizatsiya programm nablyudeniya za kachestvom atmosfernogo vozdukhа selitebnykh territorii v sisteme sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa na baze prostranstvennogo analiza i otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya [Optimization of programs for atmospheric air quality observations in the social-hygienic monitoring system based on spatial analysis and population health risk assessment]. *Permskii meditsinskii zhurnal*, 2010, vol. 27, no. 2, pp. 130–138 (in Russian).
9. Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A., Mishina A.L. Problemy sovershenstvovaniya sistemy upravleniya kachestvom okruzhayushchei sredy na osnove analiza riska zdorov'yu naseleniya [The urgent problems of the improvement of the environment management system based on the analysis of health risk assessment]. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 6, pp. 5–8 (in Russian).
10. Better regulation in Europe: Executive summaries. OECD, 2010, 157 p. Available at: [www.oecd.org/gov/regulatory-policy/45079126.pdf](http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/45079126.pdf) (02.02.2018).
11. Liou H.H., Oon P.C., Lin H.C., Wang P.J., Chen T.H. Risk factors associated with infantile spasms: a hospital-based case-control study in Taiwan. *Epilepsy Research*, 2001, vol. 47, no. 1–2, pp. 91–98.
12. Khan F.I., Sadiq R., Husain T. Risk-based process safety assessment and control measures design for off-shore process facilities. *Journal of Hazardous Materials*, 2002, vol. 94, no. 1, pp. 1–36.
13. Eliovich I.G., Mel'tser A.V., Yakubova I.Sh., Alloyarov P.R., Istorik O.A., Pankina E.N., Zhirnov A.Yu. Sovershenstvovanie sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa za usloviyami truda rabotnikov s ispol'zovaniem sistemy proizvodstvennogo kontrolya [Improvement of socio-hygienic monitoring at worker's occupational conditions with the use of production control]. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 4, pp. 339–343 (in Russian).
14. Kuz'min S.V., Gurchich V.B., Dikonskaya O.V., Nikonov B.I., Malykh O.L., Yarushin S.V., Kuz'mina E.A., Kochneva N.I., Kornilkov A.S. Sotsial'no-gigienicheskii monitoring i informatsionno-analiticheskie sistemy obespecheniya otsenki i upravleniya riskom dlya zdorov'ya naseleniya i risk-orientirovannoi modeli nadzornoй deyatel'nosti [Socio-hygienic monitoring and information analysis systems supporting the health risk assessment and management and a risk-focused model of supervisory activities in the sphere of securing sanitary and epidemiologic public welfare]. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 12, pp. 1130–1136 (in Russian).
15. Kwak B.K., Kim J.H., Yi J., Park H.-S., Kim N.G., Choi K. A GIS-based national Emission inventory of major VOCs and risk assessment. Part II – Quantitative verification and risk assessment using an air dispersion model. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 2010, vol. 27, no. 1, pp. 121–128.
16. Fushimi A., Kawashima H., Kajihara H. Source apportionment based on an atmospheric dispersion model and multiple linear regression analysis. *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, no. 7, pp. 1323–1334.

Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A. Regulatory-legal and methodical aspects of social-hygienic monitoring and risk-oriented surveillance model integration. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.01.eng

Получена: 27.02.2018

Принята: 20.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

# НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ

---

УДК 614.44: 616.9 (470.63)

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.02

## РИСК-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО КРЫМСКОЙ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКЕ (НА ПРИМЕРЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)

**В.М. Дубянский, Д.А. Прислегина, А.Н. Куличенко**

Ставропольский противочумный институт, Россия, 355035, г. Ставрополь, ул. Советская, 13–15

---

*Предметом исследования являлось многофакторное прогнозирование риска возникновения хотя бы одного случая заболевания Крымской геморрагической лихорадкой (КГЛ) на территории отдельного административного района субъекта Российской Федерации (на примере Ставропольского края). Риск-ориентированная модель для ежегодного прогнозирования появления больных КГЛ создана с использованием методики неоднородной последовательной статистической процедуры распознавания. В качестве предикторов появления больных КГЛ рассмотрены ежемесячные показатели климатических факторов (температуры воздуха, относительной влажности воздуха, количества осадков, высоты снежного покрова, атмосферного давления) и эпидемиологические данные (количество больных КГЛ в предыдущем году и число населенных пунктов, в которых были зарегистрированы случаи заболевания КГЛ). Для проверки точности прогнозной модели были использованы значения данных факторов риска с 2011 по 2015 г. для каждого административного района Ставропольского края. Пороговый уровень вероятности позитивного решения был выбран 99 % (вероятность ошибки 1 %).*

*Выполнена проверка предлагаемой модели прогнозирования по ретроспективным данным за 2013–2016 гг. Представлены результаты прогноза появления хотя бы одного больного КГЛ для каждого административного района Ставропольского края на 2017 г. При анализе полученных данных отмечена высокая точность потенциальных результатов прогнозирования. Суммарно выявленные шесть ложноположительных и два ложноотрицательных (действительно ошибочных) результата могут быть следствием объективных факторов – недостаточной диагностики заболевания, а также завозных случаев. Полученные данные могут быть использованы в практической деятельности учреждений Роспотребнадзора при планировании и организации мероприятий по профилактике КГЛ. Следующим этапом развития прогнозной модели будет создание методики расчета предполагаемого количества больных КГЛ для каждого административного района, в которых прогнозируется появление хотя бы одного случая заболевания в предстоящем году.*

**Ключевые слова:** Крымская геморрагическая лихорадка, риск-ориентированная модель, заболеваемость, факторы риска, прогнозирование, коэффициент информативности.

---

Территория юга России эндемична по Крымской геморрагической лихорадке (КГЛ) – особо опасной природно-очаговой вирусной инфекции, случаи заболевания которой были зарегистрированы на территории почти всех субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (за исключением Краснодарского края, Республики Адыгеи, Республики Северная Осетия–Алания и Чеченской Республики). Всего за

период с 1999 по 2016 г. было выявлено 2047 больных КГЛ, у 82 из которых болезнь закончилась летально (смертность 4 %). Как при многих природно-очаговых инфекциях, заболеваемость КГЛ имеет циклический характер. Первый пик был отмечен в период с 2005 по 2009 г. С 2015 г. начался очередной подъем заболеваемости. В 2014 г. было зарегистрировано 90 больных КГЛ, в 2015 г. – 138, в 2016 г. – 162 [1, 2] (рис. 1).

---

© Дубянский В.М., Прислегина Д.А., Куличенко А.Н., 2018

**Дубянский Владимир Маркович** – доктор биологических наук, заведующий отделом эпизоотологического мониторинга и прогнозирования (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; тел.: 8 (865) 226-03-12).

**Прислегина Дарья Александровна** – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии (e-mail: daria775@rambler.ru; тел.: 8 (865) 226-03-12).

**Куличенко Александр Николаевич** – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; тел.: 8 (865) 226-03-12).

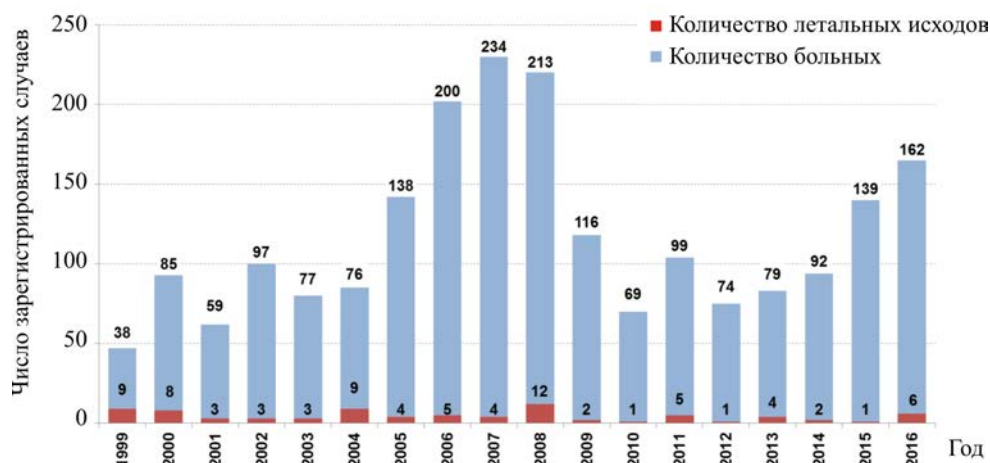


Рис. 1. Динамика заболеваемости Крымской геморрагической лихорадкой в Российской Федерации с 1999 по 2016 г.

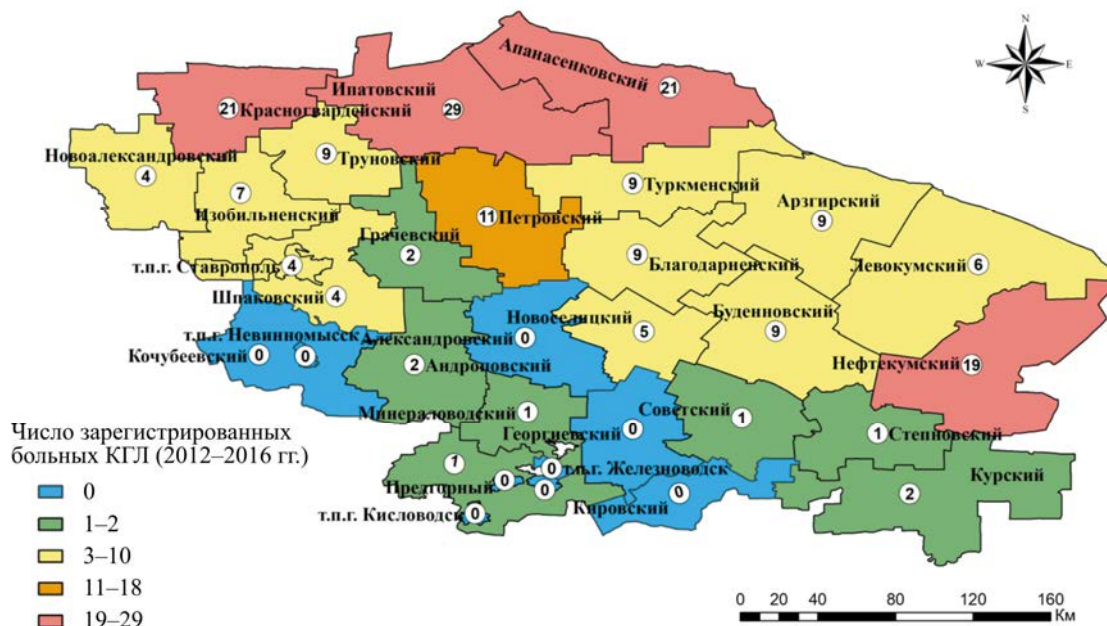


Рис. 2. Распределение выявленных больных Крымской геморрагической лихорадкой по административным районам Ставропольского края (2012–2016 гг.)

Случаи заболевания в 2016 г. зарегистрированы в шести субъектах юга России, 37 % из них – в Ставропольском крае, на территории которого в течение последних пяти лет сохраняется напряженная эпидемиологическая обстановка по КГЛ, без тенденции к снижению заболеваемости [3–5]. Благоприятные ландшафтно-географические и климатические условия, а также широкий спектр видов мелких млекопитающих и птиц, являющихся прокормителями основного переносчика вируса Конго-крымской геморрагической лихорадки (ККГЛ) – клещей *Hyalomma marginatum*, способствуют формированию и поддержанию

природных очагов данной инфекции в регионе [6, 7]. Вместе с тем при анализе пространственного распределения заболеваемости этой инфекцией по территории Ставропольского края отмечено, что наряду с административными районами, в которых больные в течение последних пяти лет не выявлены или периодически имеют место только единичные случаи, есть районы, в которых ежегодно регистрируются множественные случаи заболевания КГЛ [8] (рис. 2).

Учитывая отсутствие на сегодняшний день средств специфической профилактики КГЛ, основное внимание уделяется проведению профи-

лактических и противоэпидемических мероприятий. Первоочередным становится обеспечение готовности лечебно-профилактических организаций к проведению лабораторной диагностики и своевременному оказанию квалифицированной медицинской помощи больным. Таким образом, для научно обоснованного целенаправленного планирования мероприятий по профилактике этого заболевания возникает необходимость составления ежегодного количественного прогноза риска появления больных в каждом административном районе Ставропольского края [9].

Существующие методы прогнозирования заболеваемости КГЛ базируются только на эпидемиологических или климатических данных и не учитывают всего комплекса факторов, влияющих на эпидемический процесс этой инфекции. Так, математическая модель краткосрочного прогнозирования количества случаев заболевания КГЛ, основанная на методе определения «максимальной стабильности» и регрессионном анализе, позволяет по заболеваемости «ключевого» месяца определить ожидаемое число больных (годовой показатель) в текущем году [10]. Также известна методика, основанная на использовании агентной модели распространения заболевания типа SIR. Данный метод прогнозирования предусматривает разделение всех индивидов изучаемой популяции на три группы – здоровых «восприимчивых» (*susceptible*, *S*), «зараженных», являющихся источниками возбудителя инфекционной болезни (*infected*, *I*), и «выздоровевших», имеющих специфический иммунитет (*recovered*, *R*). Функционирование данной модели базируется исключительно на анализе стадий развития инфекционной болезни, отражая только вероятностную природу эпидемического процесса [11]. При помощи других математических методик возможно составление прогноза общей динамики уровня заболеваемости КГЛ в зависимости от показателей климатических факторов для всей территории исследуемого субъекта в целом [12–15]. Таким образом, на сегодняшний день риск-ориентированной модели для количественного прогнозирования появления или отсутствия случаев заболевания КГЛ в предстоящем году на территории каждого административного района субъекта, основанной на многофакторном анализе предикторов, не существует.

**Цель нашего исследования** – разработка риск-ориентированной модели, позволяющей составить прогноз вероятности возникновения

хотя бы одного случая заболевания КГЛ в каждом административно-территориальном районе (на примере Ставропольского края) на предстоящий год.

В данной статье представлены результаты апробации предлагаемой нами методики (на основе ретроспективных данных за 2012–2016 гг.) и прогноза на 2017 г.

**Материалы и методы.** В работе использованы итоговые годовые материалы по заболеваемости КГЛ, предоставленные Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ставропольскому краю, результаты лабораторных исследований полевого материала, выполненных ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ставропольском крае», демографические статистические показатели Федеральной службы государственной статистики (РОССТАТ). Гидрометеорологические данные были получены из базы данных ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (<http://www.meteo.ru>), архивов метеостанций, размещенных на сайте ООО «Расписание Погоды» (<https://rp5.ru>), и дневников погоды Gismeteo (<https://www.gismeteo.ru/diary>).

Риск-ориентированная модель создана с использованием неоднородной последовательной процедуры распознавания (НППР). Данный метод широко применяется в различных медицинских исследованиях для вычисления риска исходов патологических процессов на основе выбора наиболее информативных клинических и лабораторных признаков, а также при выполнении эпидемиологического и эпизоотологического прогнозирования, в частности, активности природных очагов чумы [16–23]. Основные достоинства НППР – возможность учета разнонаправленного влияния значений предикторов и представление результатов в альтернативной форме, т.е. в результате будет получен один из двух возможных вариантов прогноза на следующий от исходного год: «условно положительный» (появление случаев заболевания) или «условно отрицательный» (отсутствие случаев заболевания). Случаи промежуточного результата чаще всего свидетельствуют о недостатке информации. Кроме того, указанная методика относительно проста в применении, не требует использования сложных методов многомерной

статистики и пригодна при любой форме распределения признаков.

В качестве предикторов риска нами были рассмотрены все основные группы факторов, влияющих на развитие эпидемического процесса КГЛ: *биотические* (инфицированность основных переносчиков КГЛ по результатам лабораторного исследования клещей на наличие маркеров вируса ККГЛ), *абиотические* (ежемесячные показатели климатических факторов: температуры воздуха, относительной влажности воздуха, количества осадков, высоты снежного покрова, атмосферного давления), *социальные* (ежегодные показатели плотности населения в районах на 1 км<sup>2</sup>) и *эпидемиологические* данные (количество лиц, обратившихся в лечебно-профилактические организации по поводу укусов клещами, число больных КГЛ и количество населенных пунктов, в которых были зарегистрированы случаи заболевания КГЛ по каждому административно-территориальному району Ставропольского края за 2011–2015 гг.). Противоклещевые обработки пастбищ, природных биотопов и эпидемически значимых объектов, а также акарицидные обработки сельскохозяйственных животных в течение изучаемого периода проводились в достаточных объемах на территории всех административных районов Ставропольского края и не оказывали решающего влияния на заболеваемость людей КГЛ. В связи с этим при проведении исследования значения данного фактора нами не учитывались.

Для отбора наиболее значимых предикторов для каждого из них было проведено вычисление коэффициента информативности, отражающего значение вклада данного фактора риска в приближение к одному из вариантов прогноза. Предикторы с низким коэффициентом информативности ( $< 0,5$ ) были исключены из дальнейшего исследования ввиду нецелесообразности их учета, так как они мало увеличивают общую информативность, но удлиняют процедуру анализа и могут увеличить число ошибок [16]. Оставленные предикторы были ранжированы в порядке убывания коэффициентов информативности с получением оптимизированного перечня факторов риска, необходимых для последующего построения модели.

Пороговый уровень вероятности позитивного решения для каждого административного района был выбран 99 % (вероятность ошибки 1 %). Соответственно, суммарный диагностический коэффициент для каждого административного района был равен 20 (со знаком «+» –

«положительный результат» – появление хотя бы одного больного КГЛ, или «–» – «отрицательный результат» – отсутствие случаев КГЛ). Обучающая выборка представляла собой данные о количестве зарегистрированных больных и предикторах риска по всем 32 административным единицам Ставропольского края за предшествующий год. Проверочная выборка – данные о наличии хотя бы одного заболевшего КГЛ в следующем году. Проводилась ретроспективная проверка риска заболевания хотя бы одного человека в административной единице Ставропольского края в парах 2013–2014, 2014–2015, 2015–2016 гг. в ретроспективе. В январе 2017 г. был дан расчет на эпидсезон 2017 г. с использованием данных 2016 г.

Для автоматизации этапов процедуры составления риск-ориентированной модели нами была разработана программа в среде Microsoft Excel 2010.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты апробации риск-ориентированной модели (по ретроспективным данным) и оперативного прогноза на 2017 г. представлены в таблице.

Результаты прогнозирования появления или отсутствия больных КГЛ для каждого из 32 административных районов Ставропольского края на 2013–2017 гг.

Результат прогнозирования	Год									
	2013		2014		2015		2016		2017	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Верный	31	96,9	30	93,8	30	93,8	32	100	29	90,6
Ложноположительный*	1	3,1	2	6,2	0	0	0	0	3	9,4
Ложноотрицательный**	0	0	0	0	2	6,2	0	0	0	0

Примечание: \* – ложноположительный результат – заболевание хотя бы одного человека было спрогнозировано, но фактически отсутствовало;

\*\* – ложноотрицательный результат – заболевание хотя бы одного человека не было спрогнозировано, но фактически был зарегистрирован больной.

При анализе результатов апробации модели отмечена высокая точность потенциальных результатов прогнозирования. Для 2016 г. получено полное совпадение с фактическими показателями для всех административных районов. При трактовке трех выявленных ложноположительных результатов следует учитывать влияние объективного фактора: возможность отсутствия диагностики заболевания ввиду превалирования в последние годы форм КГЛ без геморрагического синдрома. Два ложноот-



рицательных результата, которые можно считать действительно ошибочными, были получены только в 2015 г. и могут быть объяснены заносными случаями заболевания, при которых заражение пациентов произошло во время пребывания на территории других административных районов или даже за пределами Ставропольского края. Результаты оперативного прогноза на 2017 г. совпали с фактическими данными для 29 из 32 административных районов, ложноотрицательных («действительно ошибочных») результатов не получено. Наиболее информативными и прогностически значимыми факторами риска из исследуемых климатических показателей за весь указанный период являлись влажность воздуха и количество выпавших осадков (в летне-весенние месяцы), а также высота снежного покрова в марте–феврале, что можно объяснить их непосредственным влиянием на численность и активность основного переносчика вируса ККГЛ – клещей *Hyalomma marginatum*, и клещей других видов, доказанные в ряде работ [6, 7, 14]. Неинформативными оказались значения скорости ветра, плотность населения в административно-территориальных районах и результаты лабораторного исследования клещей на наличие маркеров вируса ККГЛ. Последнее может быть объяснено недостаточной репрезентативностью выборки материала. Соответственно, деление территории Ставропольского края по прогнозируемому риску заражения возбудителем КГЛ хотя бы одного человека в административной единице было выполнено на основании значений климатических факторов (температуры воздуха, относительной влажности воздуха, количества осадков, высоты снежного покрова, атмосферного давления) и эпидемиологических данных (числа больных КГЛ в предшествующем году и количества населенных пунктов, в которых они были зарегистрированы) по каждому административному району.

**Выводы.** Таким образом, в результате апробации разрабатываемой нами риск-ориенти-

рованной модели прогнозирования появления случаев заболевания КГЛ была продемонстрирована ее пригодность и возможность практического применения. Полученные результаты в качестве самостоятельных данных могут быть использованы в деятельности учреждений Роспотребнадзора для целенаправленного планирования профилактических мероприятий в административных районах с высоким риском появления больного КГЛ (создания резерва лекарственных препаратов для лечения КГЛ, обеспечения готовности лабораторной базы к проведению исследований клинического материала и проведения семинарских занятий по вопросам эпидемиологии и клиники КГЛ для повышения эпидемиологической настороженности у медицинского персонала первичного звена).

Отметим, что мы впервые применили НППР, вычисляя информативность предикторов в пространстве относительно большого числа пространственных точек (32 административных районов). До сих пор в эпизоотологии и эпидемиологии природно-очаговых инфекций этот метод применялся для вычисления информативности предикторов во времени относительно одной точки пространства. На текущий момент другие методы для пространственного многофакторного прогнозирования появления хотя бы одного случая заболевания КГЛ по каждому административному району авторам неизвестны. Это является важным преимуществом предложенной модели перед другими, разработанными ранее.

Мы апробировали возможность прогнозирования в следующем, относительно текущего, году риска заболевания хотя бы одного человека в административных районах Ставропольского края. Следующим этапом развития данной прогнозной модели будет попытка расчетов предполагаемого количества случаев заболевания КГЛ для каждого административного района, в которых прогнозируется появление хотя бы одного больного в предстоящем году.

### Список литературы

1. Обзор эпидемической ситуации по Крымской геморрагической лихорадке в Российской Федерации в 2015 г. и прогноз на 2016 г. / А.С. Волынкина, Е.С. Котенев, Я.В. Лисицкая, О.В. Малецкая, Л.И. Шапошникова, А.Н. Куличенко // Проблемы особо опасных инфекций. – 2016. – № 1. – С. 44–47.
2. Эпидемиологическая обстановка по природно-очаговым инфекционным болезням в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах в 2016 г.: аналитический обзор / А.Н. Куличенко, О.В. Малецкая, Н.Ф. Василенко, Е.А. Манин, Д.А. Прислегина, В.М. Дубянский, М.П. Григорьев. – Ставрополь, 2017. – С. 8–18.
3. Крымская геморрагическая лихорадка в Российской Федерации в 2014 г., прогноз эпидемиологической обстановки на 2015 г. / А.С. Волынкина, Е.С. Котенев, Я.В. Лисицкая, О.В. Малецкая, Л.И. Шапошникова, А.Н. Куличенко // Проблемы особо опасных инфекций. – 2015. – № 1. – С. 42–45.

4. Эпидемиологическая обстановка по природно-очаговым инфекционным болезням в Южном, Северо-Кавказском и Крымском федеральных округах в 2015 г.: аналитический обзор / А.Н. Куличенко, О.В. Малецкая, Н.Ф. Василенко, Е.А. Манин, Д.А. Прислегина, В.М. Дубянский, М.П. Григорьев. – Ставрополь: Литера, 2016. – С. 7–18.
5. Эпидемиологическая обстановка по природно-очаговым инфекционным болезням на территории Северо-Кавказского федерального округа в 2015 г. / Н.Ф. Василенко, О.В. Малецкая, Е.А. Манин, Д.А. Прислегина, Т.В. Таран, В.М. Дубянский, Л.И. Шапошникова, А.С. Волынкина, Я.В. Лисицкая, Е.С. Котенёв, Г.М. Грижебовский, А.Н. Куличенко // Проблемы особо опасных инфекций. – 2016. – № 4. – С. 15–19.
6. Иксодовые клещи – резервуар возбудителей инфекционных и инвазионных болезней на территории Ставропольского края / Ю.М. Тохов, И.В. Чумакова, С.Н. Луцук, Ю.В. Дьяченко, Е.С. Котенев, А.А. Зайцев // Вестник ветеринарии. – 2013. – № 2. – С. 19–21.
7. Распространение и экологическая характеристика иксодовых клещей рода *Hyalomma* в экосистемах Ставропольского края / В.И. Трухачев, Ю.М. Тохов, С.Н. Луцук, А.А. Дылев, В.П. Толоконников, Ю.В. Дьяченко // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т. 11, № 2. – С. 59–69.
8. Эпидемиологическая особенность природно-очаговых инфекционных болезней в Ставропольском крае в 2015 г. / Д.А. Прислегина, О.В. Малецкая, Н.Ф. Василенко, Е.А. Манин, И.В. Ковальчук // Здоровье населения и среда обитания: научно-практический бюллетень. – 2017. – № 1. – С. 52–55.
9. Черкасский Б.Л. Риск в эпидемиологии. – М.: Практическая медицина, 2007. – 480 с.
10. Эпидемиологическая обстановка по Крымской геморрагической лихорадке на юге России в 2010 г. и прогноз на 2011 г. / Н.Ф. Василенко, О.В. Малецкая, Ю.М. Тохов, Н.Г. Варфоломеева, О.А. Кирейцева, Т.В. Харченко, А.В. Ермаков, А.Н. Куличенко // Проблемы особо опасных инфекций. – 2011. – № 1. – С. 13–15.
11. Modeling the spatial distribution of Crimean-Congo hemorrhagic fever outbreaks in Turkey / A. Estrada-Pena, Z. Zatansever, A. Gargili, M. Aktas, R. Uzun, O. Ergonul // Vector-Borne and Zoonotic Diseases. – 2007. – № 7. – P. 667–678.
12. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe / J. Gray, H. Dautel, A. Estrada-Peña, O. Kahl, E. Lindgren // Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases. – 2009. – P. 1–12.
13. Crimean-Congo hemorrhagic fever and its relationship with climate factors in southeast Iran: a 13-year experience / H. Ansari, B. Shahbaz, S. Izadi, M. Zeinali, S.M. Tabatabaee, M. Mahmoodi, K. Holakouie-Naieni, M.A. Mansournia // Journal of Infection in Developing Countries. – 2014. – № 8. – P. 749–757.
14. Temporal modeling of Crimean-Congo hemorrhagic fever in eastern Iran / E. Mostafavi, S. Chinikar, S. Bokaei, A.A. Haghdoost // International Journal of Infectious Diseases. – 2013. – № 17. – P. 524–528.
15. Zhang Y., Bi P., Hiller J.E. Climate change and the transmission of vector-borne diseases: a review // Asia Pacific Journal of Public Health. – 2008. – № 20. – P. 64–76.
16. Гублер Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. – Л.: Медицина, 1978. – 294 с.
17. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. – Л.: Медицина, 1973. – 141 с.
18. Дубянский В.М., Бурделов Л.А. Компьютерная модель чумного эпизоотического процесса в поселениях большой песчанки (*Rhombomys Opimus*): описание и проверка адекватности // Зоологический журнал. – 2010. – Т. 89, № 1. – С. 79–87.
19. Прогнозирование частых заболеваний у детей экологически неблагоприятного региона / И.А. Аксенов, А.А. Джумагазиев, Д.А. Безрукова // Вопросы диагностики в педиатрии. – 2009. – № 2. – С. 62–68.
20. Прогнозирование эпизоотической активности чумы в Приаралье и Кызылкумах / М.А. Дубянский, А. Кенжебаев, В.М. Степанов, Г.А. Асенов, Л.Д. Дубянская. – Нукус: Каракалпакстан, 1992. – 240 с.
21. Прогностическая модель выявления осложнений у пациентов с острым коронарным синдромом / Н.П. Копица, Н.В. Титаренко, Н.В. Белая, А.Л. Опарин // Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Серия: Медицина. – 2012. – № 24. – С. 23–31.
22. Прогностическое значение мозгового натрийуретического пептида у пациентов с острым коронарным синдромом / Н.П. Копица, Н.В. Титаренко, Н.В. Белая, А.Л. Опарин // Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Серия: Медицина. – 2011. – № 21. – С. 52–60.
23. Черкашина Ю.А. Применение математических методов в задаче диагностики состояния здоровья детей первого года жизни // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 5. – С. 34–37.

Дубянский В.М., Прислегина Д.А., Куличенко А.Н. Риск-ориентированная модель прогнозирования эпидемиологической ситуации по Крымской геморрагической лихорадке (на примере Ставропольского края) // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 13–21. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.02

UDC 614.44: 616.9 (470.63)

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.02.eng

## RISK-ORIENTED MODEL FOR PREDICTING EPIDEMIOLOGICAL SITUATION WITH CRIMEAN-CONGO HEMORRHAGIC FEVER (ON THE EXAMPLE OF STAVROPOL REGION)

**V.M. Dubyanskiy, D.A. Prislegina, A.N. Kulichenko**

Stavropol Anti-plague Institute, 13–15 Sovetskaya Str., Stavropol, 355035, Russian Federation

*Our research object was a multi-factor prediction of risks related to even a single case of Crimean-Congo hemorrhagic fever (CCHF) on a territory of a particular administrative district in a RF subject (on the example of Stavropol region). Risk-oriented model aimed at yearly prediction of CCHF occurrence was created with heterogeneous sequential statistics clarification procedure. We considered monthly climatic parameters (air temperature, relative air humidity, precipitations quantity, snow mantle size, and air pressure) and epidemiologic data (number of CCHF cases last year and number of settlements where CCHF cases were registered) as predictors for new CCHF cases occurrence. To check our prediction model precision, we took data on risk factors from 2011 to 2015 for each administrative district in Stavropol region. Threshold level of a positive solution probability was set at 99 % (error probability was equal to 1 %).*

*We tested our prediction model as per retrospective data collected in 2013–2016. It allowed us to predict even a single patient with CCHF occurrence for each administrative district in Stavropol region in 2017. In the course of data analysis we detected high precision in potential prediction results. Totally we revealed six false-positive and two false-negative (actually erratic) results but they can result from objective factors, for example insufficient diagnostics of the disease, as well as imported cases. The obtained data can be applied in practical activities of Rospotrebnadzor offices aimed at planning and organizing CCHF prevention. The next stage in the prediction model development will be creation of a technique for calculating an expected number of CCHF cases for each administrative district where at least one case of the disease is predicted in the forthcoming year.*

**Key words:** Crimean-Congo hemorrhagic fever, risk-oriented model, morbidity, risk factors, prediction, informative value coefficients.

### References

1. Volynkina A.S., Kotenev E.S., Lisitskaya Ya.V., Maletskaya O.V., Shaposhnikova L.I., Kulichenko A.N. Obzor epidemicheskoi situatsii po Krymskoi gemorragicheskoi likhoradke v Rossiiskoi Federatsii v 2015 g. i prognoz na 2016 g. [Review of Epidemiological Situation on Crimean-Congo Hemorrhagic Fever in the Russian Federation in 2015 and Prognosis for 2016]. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2016, vol. 1, pp. 44–47 (in Russian).
2. Kulichenko A.N., Maletskaya O.V., Vasilenko N.F., Manin E.A., Prislegina D.A., Dubianskiy V.M., Grigor'ev M.P. Epidemiologicheskaya obstanovka po prirodno-ochagovym infektsionnym bolezniyam v Iuzhnom i Severo-Kavkazskom federal'nykh okrugakh v 2016 g.: Analiticheskii obzor [Epidemiological situation on natural focal infectious diseases in the territory of Southern and North-Caucasian Federal Districts in 2015: Analytical review]. Stavropol', 2017, pp. 8–18. (in Russian).
3. Volynkina A.S., Kotenev E.S., Lisitskaya Ya.V., Maletskaya O.V., Shaposhnikova L.I., Kulichenko A.N. Krymskaya gemorragicheskaya likhoradka v Rossiiskoi Federatsii v 2014 g., prognoz epidemiologicheskoi obstanovki na 2015 g. [Crimean Hemorrhagic Fever in the Territory of the Russian Federation in 2014, Prognosis of Epidemiological Situation for 2015]. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2015, no. 1, pp. 42–45 (in Russian).
4. Kulichenko A.N., Maletskaya O.V., Vasilenko N.F., Manin E.A., Prislegina D.A., Dubianskiy V.M., Grigor'ev M.P. Epidemiologicheskaya obstanovka po prirodno-ochagovym infektsionnym bolezniyam v Iuzhnom, Severo-Kavkazskom i Krymskom federal'nykh okrugakh v 2015 g.: Analiticheskii obzor [Epidemiological Situation on Natural Focal Infectious Diseases In The Territory of Southern, North-Caucasian and Crimean Federal Districts in 2015: Analytical review]. Stavropol', Litera Publ., 2016, pp. 7–18 (in Russian).

© Dubyanskiy V.M., Prislegina D.A., Kulichenko A.N., 2018

**Vladimir M. Dubyanskiy** – Doctor of Biological Sciences; Head of Epizootologic Monitoring and Prediction Department (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; tel.: +7 (865) 226-03-12).

**Daria A. Prislegina** – Junior Researcher at Epidemiology Laboratory (e-mail: daria775@rambler.ru; tel.: +7 (865) 226-03-12).

**Aleksandr N. Kulichenko** – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor; Director (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; tel.: +7 (865) 226-03-12).

5. Vasilenko N.F., Maletskaya O.V., Manin E.A., Prislegina D.A., Taran T.V., Dubianskiy V.M., Shaposhnikova L.I., Volynkina A.S., Lisitskaya I.A., Kotenev E.S., Grizhebovskii G.M., Kulichenko A.N. Epidemiologicheskaya obstanovka po prirodno-ochagovym infektsionnym bolezniyam na territorii Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga v 2015 g. [Epidemiological Situation on Natural Focal Infectious Diseases in the Territory of the North-Caucasian Federal District in 2015]. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2016, no. 4, pp. 15–19 (in Russian).
6. Tokhov Yu.M., Chumakova I.V., Lutsuk S.N., D'yachenko Yu.V., Kotenev E.S., Zaitsev A.A. Iksodovye kleshchi – rezervuar vozbuditelei infektsionnykh i invazionnykh boleznei na territorii Stavropol'skogo kraia [Tick As The Reservoir Of Contagious Diseases In The Stavropol Territory]. *Vestnik veterinarii*, 2013, no. 2, pp. 19–21 (in Russian).
7. Trukhachev V.I., Tokhov Yu.M., Lutsuk S.N., Dylev A.A., Tolokonnikov V.P., D'yachenko Yu.V. Rasprostraneniye i ekologicheskaya kharakteristika iksodovykh kleshchei roda *Hyalomma* v ekosistemakh Stavropol'skogo kraia [Distribution and Ecological Characteristics of *Hyalomma* Ixodid Ticks In The Ecosystems of the Stavropol Region]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*. – 2016, vol. 11, no. 2, pp. 59–69 (in Russian).
8. Prislegina D.A., Maletskaya O.V., Vasilenko N.F., Manin E.A., Koval'chuk I.V. Epidemiologicheskaya osobennosti prirodno-ochagovykh infektsionnykh boleznei v Stavropol'skom krae v 2015 g. [Epidemiological features of natural focal infections in the Stavropol region in 2015]. *Zdorov'e naseleniia i sreda obitaniia: nauchno-prakticheskii biulleten'*, 2017, no. 1, pp. 52–55 (in Russian).
9. Cherkasskii B.L. Risk v epidemiologii [Risk in Epidemiology]. Moscow, Prakticheskaya meditsina Publ., 2007, 480 p. (in Russian).
10. Vasilenko N.F., Maletskaya O.V., Tokhov Yu.M., Varfolomeeva N.G., Kireitseva O.A., Kharchenko T.V., Ermakov A.V., Kulichenko A.N. Epidemiologicheskaya obstanovka po krymskoi gemorragicheskoi likhoradke na yuge rossii v 2010 g. i prognoz na 2011 g. [Epidemiological Situation of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever (CCHF) in the South of Russia in 2010 and Prognosis for the Year of 2011]. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2011, no. 1, pp. 13–15 (in Russian).
11. Estrada-Pena A., Zatansever Z., Gargili A., Aktas M., Uzun R., Ergonul O. Modeling the spatial distribution of Crimean-Congo hemorrhagic fever outbreaks in Turkey. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 2007, no. 7, pp. 667–678.
12. Gray J., Dautel H., Estrada-Peña A., Kahl O., Lindgren E. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2009, no. 2, pp. 1–12.
13. Ansari H., Shahbaz B., Izadi S., Zeinali M., Tabatabaee S.M., Mahmoodi M., Holakouie-Naieni K., Mansournia M.A. Crimean-Congo hemorrhagic fever and its relationship with climate factors in southeast Iran: a 13-year experience. *Journal of Infection in Developing Countries*, 2014, no. 8, pp. 749–757.
14. Mostafavi E., Chinikar S., Bokaei S., Haghdoust A.A. Temporal modeling of Crimean-Congo hemorrhagic fever in eastern Iran. *International Journal of Infectious Diseases*, 2013, no. 17, pp. 524–528.
15. Zhang Y., Bi P., Hiller J.E. Climate change and the transmission of vector-borne diseases: a review. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 2008, no. 20, pp. 64–76.
16. Gubler E.V. Vychislitel'nye metody analiza i raspoznavaniya patologicheskikh protsessov [Computational methods for analysis and identification of pathological processes]. Leningrad, Meditsina Publ., 1978, 294 p. (in Russian).
17. Gubler E.V., Genkin A.A. Primeneniye neparametricheskikh kriteriev statistiki v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh [Application of statistical non-parametric criteria in medico-biological investigations]. Leningrad, Meditsina Publ., 1973, 141 p. (in Russian).
18. Dubyanskiy V.M., Burdelov L.A. Komp'yuternaya model' chumnogo epizooticheskogo protsessa v poseleniyakh bol'shoi peschanki (*Rhombomys Opimus*): opisanie i proverka adekvatnosti [A computer model for a plague epizootic process in great gerbil (*Rhombomys Opimus*) settlement: description and relevance test]. *Zoologicheskii zhurnal*, 2010, vol. 89, no. 1, pp. 79–87 (in Russian).
19. Aksenov I.A., Dzhumagaziev A.A., Bezrukova D.A. Prognozirovaniye chastykh zabolevanii u detei ekologicheskii neblagopriiatnogo regiona [Prediction of the Recurrent Diseases in Children From an Environmentally Disturbed Region]. *Voprosy diagnostiki v pediatrii*, 2009, no. 2, pp. 62–68 (in Russian).
20. Dubyanskiy M.A., Kenzhebaev A., Stepanov V.M., Asenov G.A., Dubyanskaia L.D. Prognozirovaniye epizooticheskoi aktivnosti chumy v Priaral'e i Kyzylkumakh [Prognostication of plague epizootic activity in Sub-Aral and Kyzylkum Areas]. Nukus, Karakalpakstan Publ., 1992, 240 p. (in Russian).
21. Kopitsa N.P., Titarenko N.V., Belaia N.V., Oparin A.L. Progностическая модель выявления осложнений у пациентов с острым коронарным синдромом [Prognostic Model to Detect Complications in Patients with Acute Coronary Syndrome]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo universiteta im. V.N. Karazina. Seriya Meditsina*, 2012, vol. 1024, no. 24, pp. 23–31 (in Russian).

22. Kopitsa N.P., Titarenko N.V., Belaia N.V., Oparin A.L. Prognosticheskoe znachenie mozgovogo natriureticheskogo peptida u patsientov s ostrym koronarnym sindromom [Prognostic value nt PRO-BNP in patients with ACS]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo universiteta im. V.N. Karazina. Seriya Meditsina*, 2011, vol. 938, no. 21, pp. 52–60 (in Russian).

23. Cherkashina Iu.A. Primenenie matematicheskikh metodov v zadache diagnostiki sostoianiia zdorov'ia detei pervogo goda zhizni [Application of Mathematical Methods to the Problem Diagnosis of Health of Infants]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 5, pp. 34–37 (in Russian).

*Dubyanskiy V.M., Prislegina D.A., Kulichenko A.N. Risk-oriented model for predicting epidemiological situation with crimean-congo hemorrhagic fever (on the example of Stavropol region). Health Risk Analysis, 2018, no. 1, pp. 13-21. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.02.eng*

Получена: 19.01.2018

Принята: 06.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

УДК 613.1: 616 02

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.03

## О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ВЫЧИСЛЕНИЮ РИСКОВ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЛН ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

Д.А. Шапошников, Б.А. Ревич

Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Россия, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47

---

*Рассматриваются методы оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения, которые за последние несколько лет стали общепринятыми в мировой практике. Основное внимание уделено современным подходам к вычислению рисков дополнительной смертности в больших группах населения во время волн холода и жары. Обсуждаются основные этапы прямого эпидемиологического исследования: определение температурных волн; формулировка статистических гипотез; спецификация моделей; чувствительность статистических критериев и статистическая достоверность полученных результатов. По результатам многолетних исследований авторов в различных городах России построены логистические кривые вероятности получения значимых результатов оценки риска на малых выборках. В качестве температурных порогов для идентификации температурных волн рекомендуется использовать процентилю многолетних распределений среднесуточных температур воздуха, поскольку такие пороги соответствуют представлению об экстремальных (для данной местности) температурах и дают сопоставимые результаты по ожидаемому количеству волн в различных климатических зонах. Показано, что Пуассоновская обобщенная линейная модель ежедневной смертности является наиболее распространенным методом вычисления рисков, обусловленных неблагоприятными факторами окружающей среды. В регрессионной модели рекомендуется учитывать явную зависимость смертности от времени и загрязнения воздуха. Учет метеорологических условий, влияющих на тепловой баланс (влажность воздуха и скорость ветра) достигается либо включением их в модель в явном виде, либо использованием биоклиматических индексов; исследования в этом направлении продолжаются. При вычислении рисков необходимо учитывать временные лаги между волнами экстремальных температур и откликом смертности. Выявлено, что минимальная численность населения типичного города, для которого еще возможно получить статистически значимые оценки риска ансамблей волн жары, приближается к 200 тысячам человек.*

**Ключевые слова:** смертность населения, температурные волны, анализ временных рядов, оценка риска, распределение Пуассона, обобщенная линейная модель, смешивающие факторы.

---

Наблюдаемые изменения климата сопровождаются увеличением повторяемости, продолжительности и интенсивности волн тепла и уменьшением этих характеристик для волн холода [1]. Последствия воздействия температурных волн на здоровье населения исследуются в различных странах мира, и в основной медицинской базе данных PubMed приведено более 1000 публикаций по этому направлению исследований. Значительные нарушения здоровья во время температурных волн характеризуются не только его утратой, но и снижением числа здоровых лет жизни, что отражается и на экономических показателях – страновом и региональном валовом продукте.

В данной статье рассматриваются современные биостатистические методы, позволяющие выявить взаимосвязи между метеорологи-

ческими факторами и показателями общественного здоровья. В частности, речь пойдет о вычислении дополнительной смертности населения, обусловленной воздействием волн жары и холода. Величина суточной (ежедневной) смертности для изучаемой популяции является случайной функцией, причем эта случайность неустранима (например, она не является результатом ошибки измерения). Эпидемиологические исследования в этой сфере часто связаны с регрессионным анализом временных рядов суточной смертности. Цель работы – привести описание современных статистических моделей смертности, которые применяются для расчета рисков смертности, обусловленных воздействием температурных волн. Статья условно разделена на три раздела: определение температурных волн; моделирование ежедневной смертно-

---

© Шапошников Д.А., Ревич Б.А., 2018

**Шапошников Дмитрий Анатольевич** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения (e-mail: dshap@newmail.ru; тел.: 8 (926) 598-22-28).

**Ревич Борис Александрович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения (e-mail: revich@yandex.ru; тел.: 8 (499) 129-18-00).

сти; статистическая достоверность результатов оценки риска на малых выборках.

Определение волн жары и холода. В некоторых исследованиях ставится вопрос: что сильнее увеличивает смертность – волны жары или холода? Для корректного ответа целесообразно сформулировать «симметричные» определения волн жары и холода как в отношении их длительности, так и в отношении температурных порогов. Подразумевая такую симметрию, приведем здесь лишь определение волн жары, а волны холода определяются по аналогии.

В метеорологии под волной тепла понимается «значительное потепление, распространяющееся в определенном направлении, связанное с адвекцией теплой массы». Росгидромет дает следующее определение «аномально жаркой погоды»: «...в период с апреля по сентябрь в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7 °С и более»<sup>1</sup>. Это определение волн жары должно использоваться МЧС и другими государственными организациями для классификации опасных погодных явлений (ОЯ). При таком определении наибольшее число волн жары в средней полосе России приходится на апрель, а наименьшее на июль. Волны тепла в метеорологии определяются аналогично, однако снимается ограничение «с апреля по сентябрь», так что волны тепла наблюдаются во все сезоны года [2]. Однако главная проблема, связанная с этим определением, заключается в том, что вероятность наблюдения температурных волн (или их количество) будут совершенно разными в различных климатических зонах.

Данная проблема может быть решена, если вместо критерия «7 °С» использовать процентилю «исторического» многолетнего распределения среднесуточных температур или среднеквадратичного отклонения для этого распределения – то есть статистических (вероятностных) характеристик, которые вычислены по единой выборке, включающей либо все дни года, либо все дни теплого (холодного) периодов. Всемирная метеорологическая организация предлагает использовать верхний 90-й или 95-й процентиль

распределения температур в теплый период года в качестве местного специфичного порога в следующем определении: «Волной жары называется четко очерченный двухдневный (или более) эпизод *необычно сильной жары*, измеряемой в суточных максимальных, средних, минимальных температурах, в теплый период года». Пороги предлагается установить с учетом местного климата [3].

Подобное определение используется и в эпидемиологической литературе [4]. Например, в методических рекомендациях Роспотребнадзора предложено считать волной жары пять последовательных дней и более, во время которых среднесуточная температура превышает 97-й процентиль распределения среднесуточных температур за изучаемый многолетний период<sup>2</sup>. Такой порог будет в среднем за год «отсекать»  $3,65 \cdot 3 \approx 11$  самых жарких дней, не все из которых войдут в волны жары. «В среднем», потому что волны жары распределены по годам неравномерно, за двумя или тремя прохладными годами обычно следует жаркое лето с несколькими волнами жары. Наибольшее число волн придется на июль – самый жаркий месяц года.

Какое из приведенных выше двух определений более строгое, то есть дает меньше волн из-за более высокого порога жары? Рассмотрим для примера г. Москву. В Москве за десятилетие 2000–2009 гг. средняя температура июня составила 16,5 °С; июля 19,9 °С; августа 17,5 °С. То есть пороги жары для трех летних месяцев, по определению Росгидромета, приблизительно (поскольку мы используем здесь среднемесячные температуры) должны составить 23,5 °С; 26,9 °С; 24,5 °С. За этот же период 97-й процентиль среднесуточных температур в Москве составил 23,5 °С. Видно, что первое определение более строгое: за 10 лет ожидается всего 14 дней с температурами выше таких порогов, то есть всего одна или (маловероятно) две волны жары. Второе определение, как показали наши исследования [5–8], в умеренном климате дает в среднем около восьми волн жары за десятилетний период. Такое количество волн, естественно, дает гораздо больше данных

<sup>1</sup> РД 52.27.724-2009. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения: руководящий документ. – Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. – 66 с.

<sup>2</sup> МР 2.1.10.0057-12. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: методические рекомендации [Электронный ресурс]. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2012. – 37 с. – URL: <http://36.rosпотребнадзор.ru/documents/rekdoc1/9374> (дата обращения: 11.10.2017).



для эпидемиологических исследований и в то же время отвечает интуитивным представлениям об экстремальных температурах.

**Биоклиматические индексы.** В статистических моделях смертности температура, влажность, скорость ветра и другие метеофакторы могут присутствовать как независимые переменные, то есть вычисляются риски, обусловленные температурой, с поправкой на другие метеорологические переменные. Однако есть и другой подход, когда в моделях используют определенную комбинацию этих переменных, имеющую размерность температуры, называя ее, например, эффективной температурой (для жары) или ветрохолодовым индексом (для холода). Эпидемиологи продолжают искать наиболее подходящую комбинацию метеорологических переменных – такую, для которой статистический тест показал бы наибольшую силу связи с выбранным показателем здоровья [9, 10]. Соответственно, волны жары можно определить не через обычную температуру воздуха (сухого термометра), а через эффективную температуру. Одно из определений эффективной температуры приведено в методических рекомендациях Роспотребнадзора [11]:

$$AT = -2,653 + 0,994 T + 0,0153 D^2,$$

где  $AT$  – эффективная температура;  $T$  – температура воздуха;  $D$  – температура точки росы.

В одном нашем исследовании было показано, что эффективная температура теснее связана со смертностью во время волн жары, а ветрохолодовой индекс является лучшим предиктором смертности во время волн холода, чем обычная температура воздуха [5]. В данной работе используется обычная температура воздуха в качестве переменной для идентификации температурных волн (то есть волн жары и волн холода), без ограничения общности изложения.

**Формулировка и тестирование статистических гипотез.** Любое статистическое исследование начинается с формулировки статистических гипотез, которые соответствовали бы цели конкретного исследования. Если речь идет о влиянии температурных волн на здоровье населения, то требуется доказать наличие статистической связи между такими волнами и числом ежедневных исходов выбранного показателя здоровья. Хотя статистические методы для изучения волн холода и волн жары применяются одни и те же, есть одно важное отличие между влиянием холода и жары на смертность –

временной аспект: более отсроченное влияние холода и почти мгновенное влияние жары. Хотя объяснение этому различию надо искать в патофизиологических механизмах действия холода и жары, адаптации и краткосрочной акклиматизации организма к экстремальным температурам, целью статистического исследования является лишь выявление, а не объяснение статистических закономерностей. Поэтому биостатистик, изучающий предикторы смертности, например температуру воздуха, ограничивается корректным выводом типа «обнаружена взаимосвязь между температурой и смертностью». В этом случае температура называется фактором риска, причем этот фактор может быть причиной или всего лишь маркером эффекта.

Если речь идет об одной конкретной волне, то нулевая гипотеза ( $H_0$ ) может формулироваться так: наблюдавшаяся в период волны смертность статистически не отличима от ожидавшейся при прочих равных условиях в отсутствие волны. Эта же гипотеза очевидным образом обобщается на исследование ансамбля (некоторой совокупности) волн за многолетний период исследования. При этом индивидуальные волны жары в ансамбле будут различаться как по длительности, так и по интенсивности (амплитуде). Принимая во внимание цели исследования, можно изучать зависимости конечных показателей здоровья от этих параметров, составляя соответствующие волновые ансамбли. Простейшие модели, особенно в условиях коротких временных рядов, изучают ансамбль *всех* идентифицированных волн, таким образом вычисляя лишь усредненный по ансамблю риск дополнительной смертности. По определению, риск есть отношение ожидаемой смертности во время изучаемого ансамбля волн к ожидаемой смертности в эти же календарные даты, но в отсутствие экстремальной жары.

Возможное наличие временного лага между волной температуры и откликом смертности усложняет формулировку нулевой гипотезы, поскольку требует дополнительных предположений об отсроченном характере воздействия и соответствующего математического аппарата.

Обычно объектом исследования является население одного города. Численность населения определяет математическое ожидание суточной смертности как случайной величины и дисперсию этого показателя, которые в свою очередь влияют на чувствительность применяемого для проверки  $H_0$  статистического теста.



Анализ временных рядов. Наиболее распространенным методом исследования длинных временных рядов суточной смертности стал регрессионный анализ с помощью Гауссовых и Пуассоновских обобщенных линейных моделей [11]. Предположение о независимости исходов приводит к Пуассоновскому распределению суточной смертности. В действительности для ежедневной смертности основное свойство распределения Пуассона (математическое ожидание ежедневного числа исходов  $\lambda$  равно дисперсии) выполняется лишь приближенно. По мере возрастания  $\lambda$  появляется избыточная дисперсия, а само распределение ежедневной смертности при больших  $\lambda$  становится Гауссовым. Одной из причин этого явления является, по-видимому, нарушение предположения о независимости исходов.

Если зависимая переменная подчиняется распределению Пуассона, то при использовании натурального логарифма в качестве функциональной связи в регрессионной модели регрессионные остатки будут распределены по нормальному закону. Если же зависимая переменная распределена по нормальному закону, то корректно использовать линейную функциональную связь (Гауссову регрессию). Например, линейную регрессию можно использовать в Москве, где  $\lambda \approx 300$ . Однако большого «выигрыша» от этого не получается: при использовании Пуассоновской модели в Москве получаются сравнимые по статистической значимости результаты оценки рисков.

Спецификация модели. Рассмотрим Пуассоновскую модель ежедневной смертности  $M_i$ . Поскольку временной ряд  $M_i$  является случайной функцией номера дня  $i$ , то в регрессионном уравнении зависимой переменной является ожидаемая величина ежедневной смертности  $E(M_i) \equiv \mu_i$ . Удобно разделить все предикторы на явно зависящие от времени  $t$  и все остальные регрессоры суточного разрешения  $x_1, x_2, \dots, x_P$ , в том числе экологические, то есть описывающие влияние окружающей среды (метеофакторы, загрязнение), которые являются медиаторами эффекта [12]:

$$\log[E(M_i)] = \alpha + \sum_{j=1}^P g_j(x_{ij}) + f(t_i) + \beta DOW. \quad (1)$$

Достоинством обобщенной линейной регрессии является гибкость в выборе функциональных зависимостей  $g_j$  от непрерывных регрессоров и возможность включения в модель

дискретных регрессоров без ограничения общности. Примером является последнее слагаемое в модели (1) – вектор из семи категориальных переменных, маркирующих дни недели  $DOW$ , с соответствующими регрессионными коэффициентами  $\beta$ .

Явная зависимость ежедневной смертности от времени включает сезонность, многолетний тренд, зависимость от дня недели, праздников, периодов эпидемий гриппа и т.п. Если исследователя интересуют сезонные изменения смертности, то функция  $f(t)$  может содержать периодическое слагаемое с периодом один год. В общем случае учет плавных зависимостей от времени на различных масштабах достигается включением в модель сплайнов  $S(t)$  с заданным числом степеней свободы (или узлов) за весь период исследования.

Оценка риска волн жары. Если нас интересует лишь общий эффект волн жары на смертность, то регрессионная модель вообще не будет содержать температуры воздуха в явном виде – достаточно лишь бинарной переменной, маркирующей все дни, входящие в изучаемый ансамбль волн жары (с заданной временной задержкой в днях, или *лагом*). Регрессионный коэффициент при этой переменной  $\beta_{heat}$  (точнее, его экспонента) и будет численно характеризовать прирост смертности в среднем для данного ансамбля волн, скорректированный на все остальные факторы, влияющие на смертность и учтенные в модели (1).

Общий эффект волн жары можно разделить на два слагаемых. Первое слагаемое называется «основным эффектом» температуры, поскольку зависит от среднесуточных температур воздуха. Второе слагаемое представляет собой «волновую добавку», которая возникает лишь при продолжительном воздействии жары и является функцией номера дня в непрерывной последовательности жарких дней. Как показал А. Гаспарини, для обычных по продолжительности волн (длиной 5–10 дней) основной эффект в несколько раз превышает волновую добавку [13]. Впрочем, для аномально продолжительной волны жары в Москве летом 2010 г. мы наблюдали противоположное соотношение [14].

Исследователи давно заметили, что основной эффект температуры является не «мгновенным», а сложным образом распределен во времени, то есть влияет на смертность во все следующие за референтным дни. Были предложены различные способы исследования отсроченных зависимостей с учетом временного лага

между воздействием и эффектом [15, 16]. Статистические функции, описывающие нелинейные модели с распределенным лагом, были интегрированы в программную среду *R* и сейчас находятся в открытом доступе в CRAN (Comprehensive R Archive Network) [17].

Смешивающие факторы. Согласно «вентиляционной гипотезе», загрязнение атмосферного воздуха по-разному влияет на здоровье в жаркие дни и в дни с умеренной температурой. В жаркие дни люди постоянно открывают окна для вентиляции и больше времени проводят на улице, поэтому подвергаются большим дозам воздействия загрязнителей воздуха [18]. Если эта гипотеза справедлива, то определенная часть риска высоких температур будет на самом деле обусловлена содержанием загрязняющих веществ в воздухе (прежде всего  $PM_{10}$ ) и повышенной экспозицией к таким поллютантам. Что касается приземного озона, то здесь тоже есть функциональная связь с температурой, поскольку скорости многих фотохимических реакций зависят от температуры воздуха. Поэтому загрязнение воздуха можно считать медиатором эффекта жары, а учет среднесуточных уровней  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ , 8 ч озона в модели (1) является хорошей практикой (при наличии достаточных данных о загрязнении).

Вариации атмосферного давления тоже влияют на ежедневную смертность [19]. Если загрязнение обычно включается в регрессионную модель в виде линейных членов (согласно гипотезе о беспороговом действии), то для правильного описания влияния давления требуется более гибкое представление. Как высокое, так и низкое давление, а также быстрое падение давления статистически увеличивают смертность. Немонотонные зависимости удобно описывать кубическими сплайнами с «естественными» граничными условиями (равенство нулю второй производной на границах диапазона сплайнирования).

**Влияние численности населения на достоверность результатов.** Трудности изучения малых выборок. Результаты наших исследований влияния температурных волн на показатели смертности в девяти городах России с различной численностью населения можно использовать для оценки вероятности получения статистически значимых результатов оценки риска температурных волн при различных значениях  $\lambda$  (средней суточной смертности). Описанная ниже модель должна помочь другим исследователям при планировании исследований на малых выборках, когда возникает во-

прос: при какой минимальной численности населения можно получить значимые результаты оценки риска температурных волн? В данном случае мы исследуем бинарный признак значимости на 95%-ном уровне регрессионного коэффициента  $\beta_{heat}$  в модели (1), поэтому естественно предположить прирост (а не снижение) дополнительной смертности во время действия стресс-фактора и использовать односторонний  $z$ -тест. Моделирование вероятности получения или неполучения значимого результата в зависимости от численности населения аналогично построению кривой спроса в эконометрике (согласие или несогласие купить товар в зависимости от цены).

Исходные данные взяты из собственных работ, выполненных по сопоставимым методикам в девяти городах и на сопоставимых периодах исследования: в среднем около 10 лет. В этих исследованиях вычислялись риски смертности во время ансамблей волн (отдельно для жары и холода) длительностью от 5 дней и более, которые были идентифицированы за период исследования в данном городе. Данные о ежедневной смертности были получены из базы данных Росстата, а данные о температуре воздуха и других метеорологических переменных с сайта Росгидромета (<http://cliware.meteo.ru/meteo/>). Риски смертности от климатозависимых причин должны быть более значимы, чем для общей смертности. Как показывает опыт, важнейшими климатозависимыми причинами являются инфаркты (коды I20–I25 по международной классификации болезней МКБ-10) и инсульты (I60–I69). Например, во время необычно сильной и продолжительной волны жары в Москве в период с 6 июня по 18 августа 2010 г. дополнительная смертность от всех причин по нашим оценкам составила 11 040 случаев, из них 5045 смертей от инфарктов (46 %) и 3712 от инсультов (34 %) [14]. Значит, сердечно-сосудистыми причинами объясняется до 80 % всей дополнительной смертности в Москве в этот период.

Для получения достаточного количества исходных данных для моделирования вероятности получения значимых результатов оценки рисков волн жары и холода в зависимости от  $\lambda$  вычислялись риски отдельно для «средней» и «старшей» возрастной группы: случаи смерти в возрасте 30–64 лет и случаи смерти в возрасте старше 65 лет. Такое деление на две возрастные группы является общепринятым в мировой практике, поскольку во многих странах 65 лет является пенсионным возрастом, и соответст-

венно возрастная группа от 30 до 64 лет представляет работоспособное население. Количество смертей в возрасте до 30 лет пренебрежимо мало. Многие медико-статистические показатели выявляются для этих двух групп с целью обнаружения возрастных различий. Таким образом, в каждом городе исследовались четыре показателя смертности: отдельно случаи смерти от инфарктов и инсультов в двух возрастных группах. Предполагалось, что вероятность получения статистически значимых результатов оценки риска при заданном значении параметра  $\lambda$  приблизительно одинакова для данных четырех показателей. В противном случае результа-

ты оценки риска для этих четырех показателей нельзя было бы объединить в одну выборку. Это предположение выполняется в том случае, если сами риски для изучаемых показателей смертности сопоставимы по величине. Для проверки справедливости сделанных предположений в таблице приводится не только бинарная переменная (0 = риск не значим; 1 = риск значим), но и сами оценки относительных приростов смертности во время волн жары или холода. При этом целью данной таблицы вовсе не является сравнение абсолютных величин полученных ранее оценок риска между холодом и жарой или между севером и югом.

Результаты оценки рисков температурных волн в девяти городах

Город *	Причина смерти и возраст на этот момент	$\lambda$	$RR_{heat}$	Значимость ( $RR_{heat}$ )	$RR_{cold}$	Значимость ( $RR_{cold}$ )
Архангельск (350 тыс.)	Инфаркт 30–64	1,4	0,94	0	1,18	1
	Инфаркт $\geq 65$	2,1	0,93	0	1,22	1
	Инсульт 30–64	0,62	1,01	0	1,13	0
	Инсульт $\geq 65$	2,5	1,30	1	1,19	1
Мурманск (325 тыс.)	Инфаркт 30–64	1,7	1,03	0	1,18	1
	Инфаркт $\geq 65$	1,7	0,76	0	1,09	0
	Инсульт 30–64	0,65	0,88	0	1,07	0
	Инсульт $\geq 65$	1,7	1,25	1	1,14	0
Якутск (236 тыс.)	Инфаркт 30–64	0,42	1,15	0	1,38	1
	Инфаркт $\geq 65$	0,55	0,90	0	1,41	1
	Инсульт 30–64	0,23	0,91	0	0,8	0
	Инсульт $\geq 65$	0,32	1,61	1	1,69	1
Магадан (100 тыс.)	Инфаркт 30–64	0,31	1,44	0	1,01	0
	Инфаркт $\geq 65$	0,31	1,23	0	1,39	1
	Инсульт 30–64	0,19	1,57	0	1,37	0
	Инсульт $\geq 65$	0,25	1,23	0	1,66	1
Волгоград (989 тыс.)	Инфаркт 30–64	3,5	1,25	1	1,12	1
	Инфаркт $\geq 65$	7,6	1,39	1	1,10	1
	Инсульт 30–64	1,5	1,36	1	1,29	1
	Инсульт $\geq 65$	10,7	1,55	1	1,08	1
Ростов (1053 тыс.)	Инфаркт 30–64	2,1	1,20	1	1,16	1
	Инфаркт $\geq 65$	7,0	1,39	1	1,12	1
	Инсульт 30–64	1,4	1,51	1	1,23	1
	Инсульт $\geq 65$	9,7	1,75	1	1,15	1
Астрахань (500 тыс.)	Инфаркт 30–64	1,7	1,42	1	1,23	1
	Инфаркт $\geq 65$	4,2	1,58	1	1,14	1
	Инсульт 30–64	0,72	1,40	1	1,04	0
	Инсульт $\geq 65$	3,4	1,57	1	1,28	1
Краснодар (710 тыс.)	Инфаркт 30–64	1,4	1,24	1	1,14	0
	Инфаркт $\geq 65$	5,6	1,37	1	1,17	1
	Инсульт 30–64	0,93	1,50	1	1,33	1
	Инсульт $\geq 65$	6,4	1,76	1	1,08	1
Красноярск (932 тыс.)	Инфаркт 30–64	2,2	1,10	0	1,17	1
	Инфаркт $\geq 65$	5,3	1,14	1	1,04	0
	Инсульт 30–64	0,96	1,19	0	1,24	1
	Инсульт $\geq 65$	4,6	1,44	1	1,11	1

Примечание: \* – численность населения приведена в тысячах на середину периода исследования;  $\lambda$  – средняя смертность за период исследования, число случаев в день;  $RR_{cold}$  и  $RR_{heat}$  – относительные риски смертности во время волн холода и жары; значимость: 1 = риск значим на 95%-ном уровне; 0 = риск не значим на 95%-ном уровне.

В источниках данных по городам (Архангельск, Мурманск, Якутск, Магадан [8]; Волгоград, Ростов, Астрахань, Краснодар [6, 7]; Красноярск [5]) подробно описаны Пуассоновские модели, использованные авторами для оценки рисков.

Условие максимизации вероятности получения достоверной оценки риска при данном значении  $\lambda$  записывается следующим образом: требуется найти такую функцию  $\pi(\lambda) \in \{0; 1\}$ , что

$$\mu = E(y|\lambda) = P(y = 1|\lambda) \equiv \pi(\lambda), \quad (2)$$

где  $\lambda$  – предиктор;  $E$  – ожидаемая величина;  $P$  – вероятность;  $y \in \{0; 1\}$  – бинарный признак или отклик. Предполагая разумные граничные условия для такой задачи, вероятность наступления события  $y_i = 1$  в зависимости от  $\lambda_i$  принято аппроксимировать бинарной логистической регрессией:

$$\pi(\lambda) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 \lambda)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 \lambda)}, \quad (3)$$

где  $\beta_0$  и  $\beta_1$  – оценочные значения регрессионных коэффициентов, которые вычисляются линейной регрессией обратного преобразования:

$$\ln\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 \lambda + \varepsilon. \quad (4)$$

Регрессионный коэффициент  $\beta_0$  характеризует вероятность получения значимого результата оценки риска при нулевой численности населения, а  $\beta_1$  – предельный эффект (marginal effect) при различных значениях  $\lambda$ .

На рис. 1 и 2 треугольниками показаны исходные данные для регрессии, взятые из таблицы, а также изображены логистические кривые, аппроксимирующие вероятность  $\pi(\lambda)$  в диапазоне значений  $0,1 < \lambda < 5$ . Пунктиром показана стандартная ошибка регрессии  $\mu \pm \sigma$ . Регрессия была выполнена с помощью команды logistic в программе Stata 14.0.

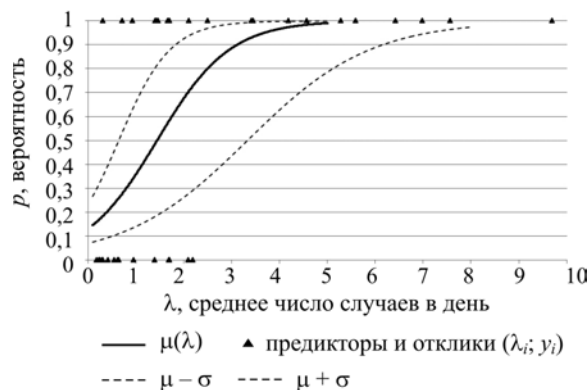


Рис. 1. Вероятность получения значимого результата оценки риска для волн жары

Для волн жары (рис. 1) оба регрессионных коэффициента  $\beta_0$  и  $\beta_1$  статистически значимы:  $\beta_0 = -1,91 \pm 0,82$ ,  $p = 0,020$ ;  $\beta_1 = 1,32 \pm 0,54$ ,  $p = 0,014$ . Поэтому логистическая кривая позволяет предсказать, при каких  $\lambda$  можно ожидать получения достоверной оценки риска. Условие  $\mu > 1/2$  (получение значимого результата более вероятно, чем незначимого) выполняется при  $\lambda > 1,5$  (этот результат справедлив для периодов исследования около 10 лет). Какой же численности населения соответствует  $\lambda \approx 1,5$ ?

Как видно из таблицы, среди включенных в модель четырех показателей смертности преобладает инсульт в старшей возрастной группе, для которой средняя ежедневная смертность составляет 40 случаев на суммарное население девяти городов 5,195 миллиона. Пренебрегая возможной гетерогенностью соотношений между показателями смертности в различных климатических зонах, получим, что 1,5 случая инсульта в день соответствует численности населения  $5195 \cdot 1,5/40 = 195$  тысяч человек. Это и есть минимальная численность населения, при которой можно ожидать достоверной оценки риска волн жары хотя бы для одного из четырех выбранных показателей смертности.

Для волн холода логистическая кривая не опускается ниже  $p = 0,5$  (рис. 2), так что рассматриваемую задачу о минимальной численности населения не удастся решить предложенным способом. Причина этого, скорее всего, кроется в переоценке числа достоверных оценок рисков волн холода в области малых значений  $\lambda$ , связанной с перебором авторами большого числа лагов (от одного дня до трех недель) при поиске наиболее вероятного лага между холодом и откликом смертности. Перебор лагов увеличивает вероятность ошибки второго рода (т.е. обнаружение различий там, где их нет). Для волн жары процедура отбора

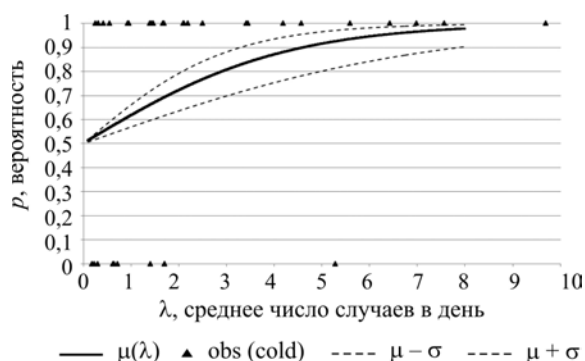


Рис. 2. Вероятность получения значимого результата оценки риска для волн холода

гораздо более строгая, поскольку допускались лишь короткие лаги до 5 дней.

**Выводы.** В качестве температурных порогов для идентификации температурных волн рекомендуется использовать процентилю многолетних распределений среднесуточных температур воздуха. Такие пороги соответствуют представлению об экстремальных (для данной местности) температурах и дают сопоставимые результаты по ожидаемому количеству волн в различных климатических зонах. Пуассоновская обобщенная линейная модель ежедневной смертности является наиболее распространенным методом вычисления рисков, обусловленных неблагоприятными факторами окружающей среды. В регрессионной модели рекомендуется учитывать явную зависимость смертности от времени и загрязнения воздуха.

Учет метеорологических условий, влияющих на тепловой баланс (влажность воздуха и скорость ветра), достигается либо включением их в модель в явном виде, либо использованием биоклиматических индексов; исследования в этом направлении продолжаются. При вычислении рисков необходимо учитывать временные лаги между волнами экстремальных температур и откликом смертности. При исследованиях в малых городах, в которых используются статистические данные о ежедневной смертности за периоды около 10 лет, обычно не удается получить достоверных оценок риска температурных волн при населении менее 200 тысяч человек. В данной работе этот результат получен для волн жары, однако, вероятнее всего, он должен быть справедлив и в отношении волн холода.

### Список литературы

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Раздел 1. Наблюдаемые изменения климата. – М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014. – С. 18–235.
2. Клещенко Л.К. Волны тепла и холода на территории России // Анализ изменений климата и их последствий: сборник трудов Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных / под ред. В.Н. Разуваева, Б.Г. Шерстюкова. – 2010. – № 175. – С. 76–91.
3. Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events: Draft version – first review by TT-Dewce desember 2015 [Электронный ресурс] // World Meteorological Organization. – 2016. – 62 p. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/opace/opace2/documents/DraftversionoftheGuidelinesontheDefinitionandMonitoringofExtremeWeatherandClimateEvents.pdf> (дата обращения: 12.10.2017).
4. Radinovic D., Curic M. Criteria for heat and cold wave duration // Theor. Appl. Climatol. – 2012. – Vol. 97, № 3–4. – P. 505–510.
5. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Особенности воздействия волн жары и холода на смертность в городах с резко-континентальным климатом // Сибирское медицинское обозрение. – 2017. – № 2. – С. 84–90.
6. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Волны холода в южных городах европейской части России и преждевременная смертность населения // Проблемы прогнозирования. – 2016. – № 2. – С. 125–131.
7. Волны жары в южных городах европейской части России как фактор риска преждевременной смертности населения / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников, М.А. Подольная, Т.Л. Харьковская, Е.А. Кваша // Проблемы прогнозирования. – 2015. – № 2. – С. 56–67.
8. Shaposhnikov D., Revich B. Towards meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North // Urban. Climate. – 2016. – Vol. 15. – P. 16–24. DOI: 10.1016/j.uclim.2015.11.007
9. Anderson G.B., Bell M.L., Peng R.D. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research // Environ. Health Perspect. – 2013. – Vol. 121, № 10. – P. 1111–1119. DOI: 10.1289/ehp.1206273
10. Report on Wind Chill Temperature and Extreme Heat Indices: Evaluation and Improvement Projects [Электронный ресурс]. – Washington, DC: Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, 2003. – URL: <http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/OFCMWindchillReport.pdf> (дата обращения: 08.09.2017).
11. Рябенко Е.А. Прикладной статистический анализ данных. Обобщения линейной регрессии [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: [http://www.machinelearning.ru/wiki/images/a/a6/Psad\\_otherreg.pdf](http://www.machinelearning.ru/wiki/images/a/a6/Psad_otherreg.pdf) (дата обращения 13.06.2017).
12. Richiardi L., Bellocco R., Zugna D. Mediation analysis in epidemiology: methods, interpretation and bias // Int. J. Epidemiol. – 2013. – Vol. 42, № 5. – P. 1511–1519. DOI: 10.1093/ije/dyt127
13. Gasparrini A., Armstrong B. The impact of heat waves on mortality // Epidemiology. – 2011. – Vol. 22, № 1. – P. 68–73. DOI: 10.1097/EDE.0b013e3181fcd99
14. Mortality Related to Air Pollution with the Moscow Heat Wave and Wildfire of 2010 [Электронный ресурс] / D. Shaposhnikov, B. Revich, T. Bellander [et al.] // Epidemiology. – 2014. – Vol. 25, № 3. – P. 359–364. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24598414> (дата обращения: 08.09.2017).

15. Gasparrini A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package dlnm // Journal of Statistical Software. – 2011. – Vol. 43, № 8. – P. 1–20. DOI: 10.18637/jss.v043.i08
16. Schwartz J. The distributed lag between air pollution and daily deaths // Epidemiology. – 2000. – Vol. 11. – P. 320–326.
17. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016 [Электронный ресурс] // R. Core. Team. – 2017. – URL: <http://www.R-project.org/> (дата обращения: 18.12.2017).
18. Does Temperature Modify the Association between Air Pollution and Mortality? A Multicity Case-Crossover Analysis in Italy / M. Stafoggia, J. Schwartz, F. Forastiere, C.A. Perucci, and the SISTI Group // Am. J. Epidemiol. – 2008. – Vol. 167, № 12. – P. 1476–1485. DOI: 10.1093/aje/kwn074
19. Pope C.A. 3-rd, Hill R.W., Villegas G.M. Particulate air pollution and daily mortality on Utah's Wasatch Front // Environ Health Perspect. – 1999. – Vol. 107, № 7. – P. 567–573.

*Шапошников Д.А., Ревич Б.А. О некоторых подходах к вычислению рисков температурных волн для здоровья // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 22–31. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.03*

UDC 613.1: 616 02

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.03.eng

## ON SOME APPROACHES TO CALCULATION OF HEALTH RISKS CAUSED BY TEMPERATURE WAVES

**D.A. Shaposhnikov, B.A. Revich**

National Economic Prediction Institute of the Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovsky Prospect, Moscow, 117418, Russian Federation

---

*The paper dwells on techniques applied for assessing impacts exerted by environmental factors on population health which have become conventional all over the world over recent years. The greatest attention is paid to up-to-date approaches to calculating risks of additional mortality which occurs in big population groups during cold and hot temperature waves. The authors consider basic stages in direct epidemiologic research: temperature waves definition; statistics hypotheses formulation; models specification; statistical criteria sensitivity, and statistical validity of the obtained results. As per long-term research performed by us in various Russian cities, we constructed logistic curves which show probability of obtaining significant risk assessment results for small samplings. We recommend to apply percentiles of long-term average daily temperature distributions as temperature thresholds when identifying temperature waves; in our opinion, such thresholds correspond to perceptions of extreme (for this or that region) temperatures and provide comparable results in terms of expected waves quantity in different climatic zones. Poisson's generalized linear model for daily mortality is shown to be the most widely spread technique for calculating risks caused by hazardous environmental factors. It is advisable to allow for an apparent correlation between mortality and time and air contamination in any regression model. We can allow for meteorological conditions which influence heat balance (air humidity and wind speed) either via including them apparently into a model or via bioclimatic indexes application; research in this sphere is going on. When calculating risks, it is advisable to allow for time lags between extreme temperatures waves and changes in mortality. We revealed that minimal population of a typical city for which it is possible to obtain statistically significant assessment of risks caused by heat waves ensembles is about 200 000 people.*

**Key words:** population mortality, temperature waves, time rows analysis, risk assessment, Poisson's distribution, generalized linear model, mixing factors.

---

© Shaposhnikov D.A., Revich B.A., 2018

**Dmitry A. Shaposhnikov** – Candidate of Physical-Mathematical Sciences, Senior Researcher at Laboratory for Environment Quality Prediction and Population Health (e-mail: [dshap@newmail.ru](mailto:dshap@newmail.ru); tel.: +7 (926) 598-22-28).

**Boris A. Revich** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Laboratory for Environment Quality Prediction and Population Health (e-mail: [revich@yandex.ru](mailto:revich@yandex.ru); tel.: +7 (499) 129-18-00).

## References

1. Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Razdel 1. Nablyudaemye izmeneniya klimata [The second assessment report by the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring on climatic changes and their consequences on the RF territory. Section 1. Observed climatic changes]. Moscow, Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy Publ., 2014, pp. 18–235 (in Russian).
2. Kleshchenko L.K. Volny tepla i kholoda na territorii Rossii [Cold and heat waves on the RF territory]. *Analiz izmenenii klimata i ikh posledstviy: sbornik trudov Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovogo tsentra dannykh* [Analysis of climatic changes and their consequences: collection of works issued by the Russian Scientific-research Institute for Hydrometeorological Information – World data center]. In: V.N. Razuvaev, B.G. Sherstyukov, eds. 2010, no. 175, pp. 76–91 (in Russian).
3. Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events: Draft version – first review by TT-Dewce desember 2015. World Meteorological Organization, 2016, 62 p. Available at: <https://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/opace/opace2/documents/DraftversionoftheGuidelinesontheDefinitionandMonitoringofExtremeWeatherandClimateEvents.pdf> (12.10.2017).
4. Radinovic D., Curic M. Criteria for heat and cold wave duration. *Theor. Appl. Climatol.*, 2012, vol. 97, no. 3–4, pp. 505–510.
5. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Osobennosti vozdeystviya voln zhary i kholoda na smertnost' v gorodakh s rezko-kontinental'nym klimatom [Influence features of cold and heat waves to the population mortality – the city with sharply continental climate]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*, 2017, no. 2, pp. 84–90 (in Russian).
6. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Volny kholoda v yuzhnykh gorodakh evropeiskoi chasti Rossii i prezhddevremennaya smertnost' naseleniya [Cold waves in southern cities of European Russia and premature mortality]. *Problemy prognozirovaniya*, 2016, no. 2, pp. 125–131 (in Russian).
7. Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Podol'naya M.A., Khar'kova T.L., Kvasha E.A. Volny zhary v yuzhnykh gorodakh evropeiskoi chasti Rossii kak faktor riska prezhddevremennoi smertnosti naseleniya [Heat waves in southern cities of European Russia as a risk factor for premature mortality]. *Problemy prognozirovaniya*, 2015, no. 2, pp. 56–67 (in Russian).
8. Shaposhnikov D., Revich B. Towards meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North. *Urban Climate*, 2016, vol. 15, pp. 16–24. DOI: 10.1016/j.uclim.2015.11.007
9. Anderson G.B., Bell M.L., Peng R.D. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. *Environ. Health Perspect.*, 2013, vol. 121, no. 10, pp. 1111–1119. DOI: 10.1289/ehp.1206273
10. Report on Wind Chill Temperature and Extreme Heat Indices: Evaluation and Improvement Projects. Washington, DC, Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, Publ., 2003. Available at: <http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/OFCMWindchillReport.pdf> (08.09.2017).
11. Ryabenko E.A. Prikladnoi statisticheskii analiz dannykh. Obobshcheniya lineinoi regressii. [Applied statistical data analysis. Linear regression generalizations]. 2016. Available at: [http://www.machinelearning.ru/wiki/images/a/a6/Psad\\_otherreg.pdf](http://www.machinelearning.ru/wiki/images/a/a6/Psad_otherreg.pdf) (13.06.2017) (in Russian).
12. Richiardi L., Bellocco R., Zugna D. Mediation analysis in epidemiology: methods, interpretation and bias. *Int. J. Epidemiol.*, 2013, vol. 42, no. 5, pp. 1511–1519. DOI: 10.1093/ije/dyt127
13. Gasparrini A., Armstrong B. The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology*, 2011, vol. 22, no. 1, pp. 68–73. DOI: 10.1097/EDE.0b013e3181fdcd99
14. Shaposhnikov D., Revich B., Bellander T. [et al.]. Mortality Related to Air Pollution with the Moscow Heat Wave and Wildfire of 2010. *Epidemiology*, 2014, vol. 25, no. 3, pp. 359–364. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24598414> (08.09.2017).
15. Gasparrini A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package dlnm. *Journal of Statistical Software*, 2011, vol. 43, no. 8, pp. 1–20. DOI: 10.18637/jss.v043.i08
16. Schwartz J. The distributed lag between air pollution and daily deaths. *Epidemiology*, 2000, vol. 11, pp. 320–326.
17. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. *R. Core. Team*. 2017. Available at: <http://www.R-project.org/> (18.12.2017).
18. Stafoggia M., Schwartz J., Forastiere F., Perucci C.A., and the SISTI Group. Does Temperature Modify the Association between Air Pollution and Mortality? A Multicity Case-Crossover Analysis in Italy. *Am. J. Epidemiol.*, 2008, vol. 167, no. 12, pp. 1476–1485. DOI: 10.1093/aje/kwn074
19. Pope C.A. 3-rd, Hill R.W., Villegas G.M. Particulate air pollution and daily mortality on Utah's Wasatch Front. *Environ Health Perspect.*, 1999, vol. 107, no. 7, pp. 567–573.

Shaposhnikov D.A., Revich B.A. On some approaches to calculation of health risks caused by temperature waves. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 22–31. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.03.eng

Получена: 07.03.2018

Принята: 15.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

# ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

---

УДК 613.2: 621.798.15

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.04

## ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ФТАЛАТОВ С МОЛОКОМ, УПАКОВАННЫМ В ПОЛИМЕРНУЮ И ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩУЮ ТАРУ

С.Е. Зеленкин<sup>1</sup>, П.З. Шур<sup>1</sup>, Т.С. Уланова<sup>1</sup>, Т.Д. Карнажицкая<sup>1</sup>,  
В.А. Хорошавин<sup>2</sup>, В.М. Ухабов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

<sup>2</sup>Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае, Россия, 614000, г. Пермь, ул. Куйбышева, 50

<sup>3</sup>Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

---

*С середины XX в. фталаты активно используются при производстве тары для пищевых продуктов. При этом установлена миграция фталатов из тары в окружающую среду. Имеются данные о неблагоприятном воздействии фталатов на печень и гормональную систему при пероральном поступлении.*

*Молоко, упакованное в полимерную тару, содержащую различные пластификаторы, в том числе и фталаты, широко представлено на потребительском рынке Российской Федерации. Это определило цель исследования, которая состояла в проведении оценки риска здоровью потребителей, связанного с воздействием фталатов, поступающих с молоком, упакованным в полимерную тару.*

*Из реально представленных в торговой сети образцов молочной продукции отобраны 25 проб молока. Количественное определение фталатов в молоке проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Для установления объема потребляемого молока и доли молока, упакованного в полимерную тару, было проведено раздаточное анкетирование. Установлено, что среди респондентов 57 % взрослых, 75 % детей в возрасте 4–6 лет и 80 % детей в возрасте 7–17 лет потребляют молоко, упакованное в полиэтиленовую пленку и (или) ПЭТ-бутылку. В потребляемом молоке идентифицируется пять представителей фталатов. Фактическое потребление молока в сутки взрослыми достигает 0,6 л; детьми 4–6 лет – 0,2 л; 7–17 лет – 0,3 л. Доза фталатов, поступающая с молоком, достигает: для детей 4–6 лет –  $5,61 \cdot 10^{-2}$  мг/кг массы тела в день; 7–17 лет –  $6,32 \cdot 10^{-2}$  мг/кг массы тела в день; для взрослых –  $4,20 \cdot 10^{-2}$  мг/кг массы тела в день.*

*В результате расчета пожизненного риска установлено, что риск формируется при употреблении молока, упакованного в полиэтиленовую пленку и ПЭТ-бутылку, за счет ди-2-этилгексилфталата. Значения индексов опасности, характеризующих риск, достигают 1,84 для печени и эндокринной системы независимо от тары.*

**Ключевые слова:** фталаты, молоко, пластификаторы, полимерная тара, упаковка, доза, экспозиция, оценка риска, анкетирование.

---

© Зеленкин С.Е., Шур П.З., Уланова Т.С., Карнажицкая Т.Д., Хорошавин В.А., Ухабов В.М., 2018

**Зеленкин Сергей Евгеньевич** – лаборант (e-mail: zelenkin@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

**Шур Павел Залманович** – доктор медицинских наук, профессор, ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

**Уланова Татьяна Сергеевна** – доктор биологических наук, заведующий отделом химико-аналитических методов исследования (e-mail: ulanova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 233-10-37).

**Карнажицкая Татьяна Дмитриевна** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией методов жидкостной хроматографии (e-mail: tdkarn@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 233-10-37).

**Хорошавин Виктор Алексеевич** – доктор медицинских наук, главный врач (e-mail: sgero@mail.ru; тел.: 8 (342) 239-34-09).

**Ухабов Виктор Максимович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии человека (e-mail: rector@psma.ru; тел.: 8 (342) 235-11-35).



Фталаты (эфиры фталевой кислоты) были впервые синтезированы в 1920-х гг. Активное применение фталатов при производстве пластмасс с целью придания последним прочности и гибкости началось с 1933 г. Уже с 50-х гг. XX в. фталаты активно используются во многих сферах не только в качестве пластификаторов, но и в качестве добавок в косметические средства, продукты питания и т.д. [1].

Исследовались и аспекты влияния фталатов на здоровье потребителей. Накоплены данные об участии фталатов в развитии окислительного стресса, нарушениях транспорта веществ и экскреции желчи [2], злокачественных новообразований печени [3] и поджелудочной железы [4] у крыс. В международной практике за последние десятилетия в ряде исследований установлена прямая корреляционная связь между присутствием фталатов в организме и репродуктивными нарушениями [5–7], приводятся доказательства возможного нарушения развития гонад у плода [8]. Установлена обратная связь содержания моно-н-бутилфталата (МБФ) в моче и уровня свободного тироксина (FT<sub>4</sub>) и тироксина (Т<sub>4</sub>). Выдвинуто предположение, что ди-н-бутилфталат (ДБФ) может нарушать активность щитовидной железы у беременных женщин [9]. Данные позволили отнести фталаты к эндокринным дизрапторам – веществам, нарушающим работу гормонов.

В мире по состоянию на конец 2014 г. наиболее распространенными фталатами в промышленности являлись дибутилфталат (ДБФ), бутилбензилфталат (ББФ), ди-2-этилгексилфталат (ДЭГФ), диизононилфталат (ДИНФ), диизодексилфталат (ДИДФ), ди-октилфталат (ДОФ), ди-этилфталат (ДЭФ), диметилфталат (ДМФ). Наибольшую опасность среди них представляют ДЭФ, ДМФ, ДБФ, ББФ, ДЭГФ, относимые согласно классификации REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical substances), принятой в законодательстве Европейского союза, к короткоцепочечным фталатам, наиболее опасным для человека [10].

В составе пластмасс фталаты не связаны с молекулами полимеров. Под действием внешних физических факторов и независимо от них может иметь место миграция соединений в ок-

ружающую среду. Наибольший интерес для исследования представляет анализ миграции фталатов из полимерной упаковки в пищевые продукты. Они остаются основным источником поступления нескольких фталатов в организм человека [11–13].

В Российской Федерации, а также странах-членах Евразийского экономического союза предельно допустимые количества миграции (ДКМ, SML) фталатов регламентируются Техническим регламентом Таможенного союза (ТР ТС) 005/2011 «О безопасности упаковки». Согласно этому документу, ДКМ установлен только для диоктилфталата на уровне 2 мг/л. Миграция и, следовательно, присутствие дибутилфталата не допускается (величина чувствительности не указана)<sup>1</sup>. Нормативов по прочим фталатам не представлено.

Поскольку молоко упаковывается в полимерную тару (полиэтиленовую пленку, ПЭТ- и полипропиленовые бутылки), интерес представляет изучение содержания фталатов в молоке, а также риск здоровью при употреблении молока, содержащего фталаты. При этом доза фталатов зависит как от уровня их миграции в продукцию, так и от объемов потребления молока.

По состоянию на 2013 г. в Российской Федерации около 65 % мужчин и 75 % женщин от 14 лет и старше, а также около 80 % детей в возрасте 3–13 лет употребляют молоко и молочные продукты ежедневно или несколько раз в неделю. Уровень потребления молока и молочных продуктов у мужчин (14 лет и старше) в среднем за год составил 305,4 кг, у женщин – 276,5 кг, у детей 3–13 лет – 296,9 кг. В Пермском крае около 70 % мужчин и 75 % женщин от 14 лет и старше, а также около 85 % детей в возрасте 3–13 лет употребляют молоко и молочные продукты ежедневно или несколько раз в неделю. Уровень потребления молока и молочных продуктов у мужчин в среднем в год составил 278,5 кг, у женщин – 249,0 кг [13]. Согласно рекомендациям Минздрава России потребление молока и молочных продуктов составляет 325 кг на душу населения в год, при этом молока рекомендуется употреблять 50 кг в год, что соответствует суточной норме в 180 мл<sup>2</sup>. Пермский край занимает 37-е место среди ре-

<sup>1</sup> ТР 005/2011. О безопасности упаковки: технический регламент Таможенного союза 005/2011 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.eurotest.ru/upload/iblock/6c9/6c977dbc8c9f2fc095035f49b52985f1.pdf> (дата обращения: 15.11.2017).

<sup>2</sup> Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: Приказ Минздрава России № 614 от 19.08.2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/898204/> (дата обращения: 15.11.2017).

гионов по потреблению молока и молочных продуктов на душу населения.

Наиболее часто употребляют молоко, упакованное в полимерную тару, представленную полимерной пленкой, изготовленной из полиэтилена низкой плотности (ПЭНП, LDPE); бутылками, изготовленными из полиэтилентерефталата (ПЭТ, PET) и полипропилена (ПП, PP). Все указанные материалы в той или иной степени содержат различные пластификаторы, в том числе и фталаты [14, 15].

**Цель работы** состояла в проведении оценки риска здоровью, связанного с воздействием фталатов, поступающих с молоком, упакованным в полимерную тару. Установление концентрации фталатов в молоке, а также оценка экспозиции и риска входили в задачи исследования.

**Материалы и методы.** Для исследования были отобраны 25 проб молока жирностью 2,5–3,2 %, упакованного в полимерную тару (19 проб – полиэтиленовая пленка, 6 проб – ПЭТ-бутылка). Анализ пластификаторов в молоке – диметилфталата (ДМФ), дибутилфталата (ДБФ), ди (2-этилгексил)фталата (ДЭГФ), бутилбензилфталата (ББФ) – проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе Agilent 1200 с детектором на диодной матрице в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.3160-14<sup>3</sup>. Извлечение фталатов из молока проводили методом твердофазной экстракции (ТФЭ).

Для оценки риска устанавливали количество, объем потребляемого молока и долю молока, упакованного в полимерную тару. Для этого было проведено раздаточное анкетирование добровольцев – взрослых в возрасте 25–70 лет ( $47,5 \pm 9,3$  г.) и детей в возрасте 4–17 лет – жителей г. Перми и городов Пермского края. Всего опрошено 98 человек, среди них 49 взрослых и 49 детей.

Оценка экспозиции проведена с учетом потребления молока с максимальной расчетной концентрацией фталатов в нем. Расчет поступающей дозы фталатов проводился согласно Р 2.2.1.10.1920-04 [16]. В расчет принимались стандартные значения продолжительности экспозиции и времени осреднения для неканцерогенных веществ при пероральном поступлении.

Среднесуточная пожизненная доза фталатов, поступающая с молоком, упакованным в полимерную тару, была рассчитана для каждого обнаруженного представителя фталатов по формуле

$$LADD = \frac{(EDb \cdot ADDChb) + (EDc \cdot ADDChc) + (EDf \cdot ADDCha)}{AT},$$

где *LADD* – пожизненная средняя суточная доза, мг/ (кг·день);

*EDb* – продолжительность экспозиции для детей младшего возраста (0 – <6 лет);

*EDc* – продолжительность экспозиции для детей старшего возраста (6 – <18 лет);

*EDa* – продолжительность экспозиции для взрослых (18 и более лет);

*ADDChb* – хроническая средняя суточная доза для детей младшего возраста, мг/кг в день;

*ADDChc* – хроническая средняя суточная доза для детей старшего возраста, мг/кг в день;

*ADDCha* – хроническая суточная доза для взрослого, мг/кг в день;

*AT* – время осреднения, число лет.

**Результаты и их обсуждение.** На этапе идентификации опасности для фталатов были определены критические органы и системы – печень, поджелудочная железа, эндокринная система и системное действие.

На этапе оценки зависимости «экспозиция–эффект» установлены референтные дозы при пероральном поступлении фталатов. Так, согласно принятому в Российской Федерации «Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04, референтная доза при хроническом пероральном поступлении для ББФ установлена на уровне 0,2 мг/кг массы тела (органы-мишени – печень и поджелудочная железа), для ДЭГФ – 0,02 мг/кг массы тела (органы-мишени – печень и эндокринная система), для ДБФ – 0,1 мг/кг массы тела (системное действие), для ДМФ – 10 мг/кг массы тела (органы-мишени – почки), для ДЭФ – 0,8 мг/кг (системный эффект) [16].

<sup>3</sup> МУК 4.1.3160-14. Измерение массовых концентраций фталатов (диметилфталата, диэтилфталата, дибутилфталата, бензилбутилфталата, ди(2-этилгексил)фталата) в молоке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: Методические указания [Электронный ресурс]. – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293761/4293761690.htm> (дата обращения: 22.11.2017).

В ходе оценки экспозиции установлено, что 58 % проб молока, упакованного в полиэтиленовую пленку, и 40 % проб молока, разлитых в ПЭТ-бутылки, содержат фталаты (табл. 1). Наибольший вклад в суммарную концентрацию фталатов для молока в полиэтиленовой пленке вносит ДЭГФ (70 %), для молока, упакованного в ПЭТ-бутылки, – ДБФ (65 %).

На этом этапе для каждого контингента были установлены максимальные дозы фталатов, поступающие с молоком из полимерной тары (табл. 2). При расчете доз учитывалась масса тела исследуемых.

Установлено, что среди детей в возрасте 4–6 лет, по данным анкетирования, молоко потребляют 75 %. Родители исследованной группы приобретали только молоко, упакованное в полиэтиленовую пленку. Объем потребления молока детьми в сутки составлял 0,1–0,2 л.

Выявлено, что среди учащихся школ в возрасте 7–17 лет молоко употребляют 80 %. Для потребления родители покупают молоко, упакованное в полиэтиленовую пленку (у 68 % детей), в ПЭТ-бутылку (у 16 %), а также попеременно в оба вида упаковки (у 16 %). Объем потребления молока составил 0–0,3 л/сут. Из всех опрошенных взрослых молоко потребляют 57 %. Все они потребляют молоко, упакованное в полиэтиленовую пленку. Объем потребления молока взрослыми составлял 0,1–0,6 л/сут.

В ходе расчета пожизненной суточной дозы фталатов ее максимальное значение установлено для лиц, потребляющих молоко, упакованное в ПЭТ-бутылку (табл. 3). В этом случае наибольший вклад в формирование дозы вносит ДБФ. Для лиц, потребляющих молоко, упакованное в полиэтиленовые пакеты, доза формируется в основном за счет ДЭГФ.

Таблица 1

Максимальное содержание основных фталатов в пробах молока, упакованного в различную полимерную тару, мг/л

Вид тары	Концентрация фталатов в молоке, мг/л				
	ДМФ	ДЭФ	ДБФ	ББФ	ДЭГФ
LDPE	0,161	0,25	1,686	0,072	3,709
Бутыль PET	нпо (<0,1)	нпо (<0,2)	29,808	нпо (<0,2)	12,537

Примечание: \* – нпо – ниже порога определения.

Таблица 2

Максимальные дозы фталатов, попадающие в организм с молоком, упакованным в полимерную тару, для разных контингентов (мг/кг массы тела в день)

Контингент	Максимальный суточный объем потребления молока, л	Соединение	Вид тары	Доза
Дети 4–6 лет	0,2	ДМФ	ПЭ-пленка	$2,44 \cdot 10^{-3}$
		ДБФ		$2,55 \cdot 10^{-2}$
		ББФ		$1,06 \cdot 10^{-3}$
		ДЭГФ		$5,61 \cdot 10^{-2}$
		ДЭФ		$3,78 \cdot 10^{-3}$
Дети 7–17 лет	0,3	ДМФ	ПЭ-пленка	$1,43 \cdot 10^{-3}$
		ДБФ		$1,49 \cdot 10^{-2}$
		ББФ		$6,21 \cdot 10^{-4}$
		ДЭГФ		$3,29 \cdot 10^{-2}$
		ДЭФ		$2,22 \cdot 10^{-3}$
		ДМФ	ПЭТ-бутылка	0
		ДБФ		$1,50 \cdot 10^{-1}$
		ББФ		0
		ДЭГФ		$6,32 \cdot 10^{-2}$
		ДЭФ		0
Взрослые	0,6	ДМФ	ПЭ-пленка	$1,82 \cdot 10^{-3}$
		ДБФ		$2,83 \cdot 10^{-3}$
		ББФ		$1,19 \cdot 10^{-2}$
		ДЭГФ		$8,15 \cdot 10^{-4}$
		ДЭФ		$4,20 \cdot 10^{-2}$

Таблица 3

Результаты расчета пожизненной суточной дозы фталатов для различного вида упаковок, мг/кг массы тела в день

Соединение	Вид тары	
	пленка	ПЭТ
ДМФ	$1,79 \cdot 10^{-3}$	$1,22 \cdot 10^{-3}$
ДФФ	$1,22 \cdot 10^{-2}$	$6,63 \cdot 10^{-2}$
ББФ	$5,24 \cdot 10^{-3}$	$4,99 \cdot 10^{-3}$
ДЭГФ	$2,47 \cdot 10^{-2}$	$3,68 \cdot 10^{-2}$
ДЭФ	$1,84 \cdot 10^{-2}$	$1,76 \cdot 10^{-2}$

Таблица 4

Результаты оценки пожизненного риска при употреблении молока, упакованного в полимерную тару

Соединение	Значение индекса опасности (HI)			
	Печень		Эндокринная система	
	Пленка	ПЭТ	Пленка	ПЭТ
ББФ	0,03	0,02	Не является критической системой	
ДФФ	Не является критическим органом		0,12	0,66
ДЭГФ	1,24*	1,84*	1,24*	1,84*

Примечание: \* – риск характеризуется как неприемлемый.

На этапе характеристики риска установлено, что при потреблении молока, упакованного в полимерную тару, создается неприемлемый пожизненный риск развития неблагоприятных эффектов (HI до 1,84) со стороны печени и гормональной системы (табл. 4).

Наибольший вклад в формирование риска, независимо от вида тары, в которую упаковано молоко, вносит ДЭГФ.

Таким образом, установлено, что потребление молока, упакованного в полимерную и полимерсодержащую тару, может формировать неприемлемые уровни пожизненного риска, обусловленного содержанием в нем фталатов.

**Выводы.** В целом полученные результаты позволили установить:

- в молоке, упакованном в полимерную тару (полиэтиленовая пленка, ПЭТ-бутылка), обнаруживаются диметилфталат (ДМФ), дибутилфталат (ДФФ), ди(2-этилгексил)фталат (ДЭГФ), бутилбензилфталат (ББФ). Фталаты обнаружены: в ПЭТ-таре – в 40 % проб; в полиэтиленовой пленке – в 70 %;

- среди респондентов 57 % взрослых, 75 % детей в возрасте 4–6 лет и 80 % детей 7–17 лет потребляют молоко, упакованное в полиэтиленовую пленку и (или) ПЭТ-бутылку;

- фактическое потребление молока в сутки взрослыми ранжируется от 0,1 до 0,6 л; детьми 4–6 лет – в объеме 0,1–0,2 л; детьми 7–17 лет – 0,1–0,3 л;

- величина дозы фталатов, поступающих с молоком, достигает: для детей 4–6 лет –  $5,61 \cdot 10^{-2}$  мг/кг массы тела в день; для детей 7–17 лет –  $6,32 \cdot 10^{-2}$  мг/кг массы тела в день; для взрослых –  $4,20 \cdot 10^{-2}$  мг/кг массы тела в день;

- при расчете пожизненного риска установлено, что риск формируется при употреблении молока, упакованного в полиэтиленовую пленку и ПЭТ-бутылку, за счет ДЭГФ. Значения индексов опасности, характеризующих риск, достигают 1,84 для печени и эндокринной системы независимо от тары.

### Список литературы

1. Frederiksen H., Skakkebaek N.E., Andersson A.M. Metabolism of phthalates in humans // *Mol. Nutr. Food Res.* – 2007. – Vol. 51, № 7. – P. 899–911.
2. Sherwin K., May J. Hepatic Effects of a Phthalate Ester Plasticizer Leached from Poly (vinyl Chloride) Blood Bags Following Transfusion // *Environmental Health Perspectives.* – 1982. – Vol. 45. – P. 57–64.
3. Di(2-ethylhexyl)phthalate induces hepatic tumorigenesis through a peroxisome proliferator-activated receptor alpha-independent pathway / Y. Ito, O. Yamanoshita, N. Asaeda, Y. Tagawa, C.H. Lee, T. Aoyama, G. Ichihara, K. Furuhashi, M. Kamijima, F.J. Gonzalez, T. Nakajima // *J. Occup. Health.* – 2007. – № 49. – P. 172–182.
4. Selenskas S., Teta M.J., Vitale J.N. Pancreatic cancer among workers processing synthetic resins // *Am. J. Ind. Med.* – 1995. – № 28. – P. 385–398.
5. Risk factors for hypospadias in Norwegian boys – association with testicular dysgenesis syndrome? / E.L. Aschim, T.B. Haugen, S. Tretli, A.K. Daltveit [et al.] // *Int. J. Androl.* – 2004. – № 27. – P. 213–221.
6. Is human fecundity declining? / N.E. Skakkebaek, N. Jørgensen, K.M. Main, E. Rajpert-De Meyts [et al.] // *Int. J. Androl.* – 2006. – № 29. – P. 2–11.
7. Male reproductive health and environmental xenoestrogens / J. Toppari, J.C. Larsen, P. Christiansen, A. Giwercman [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 1996. – № 104. – P. 741–803.
8. Skakkebaek N.E., Rajpert-DeMeyts E., Main K.M. Testicular dysgenesis syndrome: An increasingly common developmental disorder with environmental aspects // *Hum. Reprod.* – 2001. – № 16. – P. 972–978.

9. Associations between urinary phthalate monoesters and thyroid hormones in pregnant women / P.C. Huang, P.L. Kuo, Y.L. Guo, P.C. Liao, C.C. Lee // Hum. Reprod. – 2007. – Vol. 22, № 10. – P. 2715–2722.
10. Phthalates: European regulation, chemistry, pharmacokinetic and related toxicity / P. Ventrice, D. Ventrice, E. Russo, G. De Sarro // Environmental toxicology and pharmacology. – 2013. – Vol. 36, № 1. – P. 88–96.
11. Intake of phthalates and di(2-ethylhexyl)adipate: results of the integrated exposure assessment survey based on duplicate diet samples and biomonitoring data. / H. Fromme, L. Gruber, M. Schlummer, G. Wolz, S. Boehmer, J. Angerer, R. Mayer, B. Liebl, G. Bolte // Environment International. – 2007. – Vol. 33, № 8. – P. 1012–1020.
12. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? / M. Wormuth, M. Scheringer, M. Vollenweider, K. Hungerbühler // Risk Analysis. – 2006. – Vol. 26, № 3. – P. 803–824.
13. Рацион питания населения 2013: статистический сборник. – М., 2016. – 220 с.
14. Xu-Liang Cao. Phthalate Esters in Foods: Sources, Occurrence, and Analytical Methods // Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety. – 2010. – Vol. 9, № 1. – P. 21–43. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2009.00093.x
15. Phthalate exposure through food and consumers' risk perception of chemicals in food / M.D. Spillmann, M. Siegrist, C. Keller, M. Wormuth // Risk Analysis. – 2009. – Vol. 29, № 8. – P. 1170–1181. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2009.01233.x
16. Р 2.2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

*Оценка риска здоровью при поступлении фталатов с молоком, упакованном в полимерную и полимер-содержащую тару / С.Е. Зеленкин, П.З. Шур, Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая, В.А. Хорошавин, В.М. Ухабов // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 32–38. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.04*

UDC 613.2:621.798.15

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.04.eng

## ASSESSMENT OF HEALTH RISK CAUSED BY PHTHALATES PENETRATING A BODY WITH MILK IN POLYMER AND POLYMER-CONTAINING PACKAGE

**S.E. Zelenkin<sup>1</sup>, P.Z. Shur<sup>1</sup>, T.S. Ulanova<sup>1</sup>, T.D. Karnazhitskaya<sup>1</sup>, V.A. Khoroshavin<sup>2</sup>, V.M. Ukhov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

<sup>2</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in Perm region, 50A Kuybisheva Str., Perm, 614016, Russian Federation

<sup>3</sup>Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Str., Perm, 614000, Russian Federation

*Since the middle of the 20th century phthalates have been widely used in food products package manufacturing. But here phthalates turned out to migrate from this package into the environment. There are some data on unfavorable impacts exerted by orally introduced phthalates on the liver and hormonal system.*

*Milk packed in polymer package which contains various plasticizers including phthalates is widely spread on the Russian consumer market. It determined our research goal which was to assess consumers health risks related to impacts exerted by phthalates introduced with milk packed in polymer package.*

© Zelenkin S.E., Shur P.Z., Ulanova T.S., Karnazhitskaya T.D., Khoroshavin V.A., Ukhov V.M., 2018

**Sergei E. Zelenkin** – laboratory worker (e-mail: zelenkin@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37).

**Pavel Z. Shur** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academic Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 238-33-37).

**Tatyana S. Ulanova** – Doctor of Biological Sciences, Head of Department of Analytical Chemistry Analysis (e-mail: ulanova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 233-10-37).

**Tatyana D. Karnazhitskaya** – Candidate of Biological sciences, Head of Liquid Chromatography Laboratory (e-mail: tdkarn@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 233-10-37).

**Viktor A. Khoroshavin** – Doctor of Medical Sciences, Chief Physician (e-mail: cgepo@mail.ru; tel.: +7 (342) 239-34-09).

**Viktor M. Ukhov** – Doctor of Medical Sciences, Professor, head of Common Hygiene and Human Ecology Department (e-mail: rector@psma.ru; tel.: +7 (342) 235-11-35).

We selected 25 milk samples out of milk products bought in retail networks. Phthalates were quantitatively determined in milk via highly efficient liquid chromatography. We performed a distribution questioning to assess quantity and volumes in which milk was consumed and to determine a share of milk packed in polymer package. We detected that 57 % adult respondents, 75 % children aged 4–6, and 80 % children aged 7–17 consumed milk packed in polyethylene film and (or) in plastic bottles. 5 phthalate forms were identified in consumed milk. Adults actually consumed 0.6 liter of milk per day; children aged 4–6, 0.2 liter; children aged 7–17, 0.3 liter. Phthalates dose introduced daily with milk was equal to  $5.61 \cdot 10^{-2}$  mg/kg of body weight for children aged 4–6;  $6.32 \cdot 10^{-2}$  mg/kg of body weight for children aged 7–17;  $4.20 \cdot 10^{-2}$  mg/kg of body weight for adults.

We calculated a lifelong risk and revealed that it occurred due to di-2-ethylhexylphthalate when milk packed in polyethylene film and plastic bottles was consumed. Risk-characterizing hazard indexes reached 1.85 for the liver and endocrine system regardless of package.

**Key words:** phthalates, milk, plasticizers, polymer package, package, dose, exposure, risk assessment, questioning.

## References

1. Frederiksen H., Skakkebaek N.E., Andersson A.M. Metabolism of phthalates in humans. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2007, vol. 51, no. 7, pp. 899–911.
2. Sherwin K., May J. Hepatic Effects of a Phthalate Ester Plasticizer Leached from Poly(vinyl Chloride) Blood Bags Following Transfusion. *Environmental Health Perspectives*, 1982, vol. 45, pp. 57–64.
3. Ito Y., Yamanoshita O., Asaeda N., Tagawa Y., Lee C.H., Aoyama T., Ichihara G., Furuhashi K., Kamijima M., Gonzalez F.J., Nakajima T. Di(2-ethylhexyl)phthalate induces hepatic tumorigenesis through a peroxisome proliferator-activated receptor alpha-independent pathway. *J. Occup. Health.*, 2007, no. 49, pp. 172–182.
4. Selenskas S., Teta M.J., Vitale J.N. Pancreatic cancer among workers processing synthetic resins. *Am. J. Ind. Med.*, 1995, no. 28, pp. 385–398.
5. E.L. Aschim, T.B. Haugen, S. Tretli, A.K. Daltveit [et al.]. Risk factors for hypospadias in Norwegian boys – association with testicular dysgenesis syndrome? *Int. J. Androl.*, 2004, no. 27, pp. 213–221.
6. Skakkebaek N.E., Jørgensen N., Main K.M., Rajpert-De Meyts E. [et al.]. Is human fecundity declining? *Int. J. Androl.*, 2006, no. 29, pp. 2–11.
7. Toppari J., Larsen J.C., Christiansen P., Giwercman A. [et al.]. Male reproductive health and environmental xenoestrogens. *Environ. Health Perspect.*, 1996, no. 104, pp. 741–803.
8. Skakkebaek N.E., Rajpert-DeMeyts E., Main K.M. Testicular dysgenesis syndrome: An increasingly common developmental disorder with environmental aspects. *Hum. Reprod.*, 2001, no. 16, pp. 972–978.
9. Huang P.C., Kuo P.L., Guo Y.L., Liao P.C., Lee C.C. Associations between urinary phthalate monoesters and thyroid hormones in pregnant women. *Hum. Reprod.*, 2007, vol. 22, no. 10, pp. 2715–2722.
10. Ventrice P., Ventrice D., Russo E., De Sarro G. Phthalates: European regulation, chemistry, pharmacokinetic and related toxicity. *Environmental toxicology and pharmacology*, 2013, vol. 36, no. 1, pp. 88–96.
11. Fromme H., Gruber L., Schlummer M., Wolz G., Boehmer S., Angerer J., Mayer R., Liebl B., Bolte G. Intake of phthalates and di(2-ethylhexyl)adipate: results of the integrated exposure assessment survey based on duplicate diet samples and biomonitoring data. *Environment International*, 2007, vol. 33, no. 8, pp. 1012–1020.
12. Wormuth M., Scheringer M., Vollenweider M., Hungerbühler K. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? *Risk Analysis*, 2006, vol. 26, no. 3, pp. 803–824.
13. Ratsion pitaniya naseleniya 2013: statisticheskii sbornik [Population diet 2013: Statistical compilation]. Moscow, 2016, 220 p. (in Russian).
14. Xu-Liang Cao. Phthalate Esters in Foods: Sources, Occurrence, and Analytical Methods. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 2010, vol. 9, no. 1, pp. 21–43. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2009.00093.x
15. Spillmann M.D., Siegrist M., Keller C., Wormuth M. Phthalate exposure through food and consumers' risk perception of chemicals in food. *Risk Analysis*, 2009, vol. 29, no. 8, pp. 1170–1181. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2009.01233.x
16. Rukovodstvo po otsenke riska dlia zdorov'ia naseleniia pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagriazniaiushchikh sredu obitaniia R 2.2.1.10-1920-04 [Guide to health risk assessment when exposed to chemicals polluting the environment 2.1.10.1920-04 P]. Moscow, Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2004, 143 p. (in Russian).

Zelenkin S.E., Shur P.Z., Ulanova T.S., Karnazhitskaya T.D., Khoroshavin V.A., Ukhov V.M. Assessment of health risk caused by phthalates penetrating a body with milk in polymer and polymer-containing package. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 32–38. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.04.eng

Получена: 06.12.2017

Принята: 23.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

УДК 613.15

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.05

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА И РИСКИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТКРЫТЫХ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. КАЗАНИ)

Н.Х. Давлетова<sup>1</sup>, Е.А. Тафеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Россия, 420010, г. Казань, Деревня Универсиады, 35

<sup>2</sup>Казанский государственный медицинский университет, Россия, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49

*В структуре приоритетных факторов, определяющих внешнесредовые риски здоровью спортсменов на спортивных объектах открытого типа, ведущее место принадлежит загрязнению атмосферного воздуха. Эффективность тренировочного процесса, особенно направленного на развитие и совершенствование «аэробной выносливости», в экологически неблагоприятных условиях низкая. Цель исследования состояла в оценке качества атмосферного воздуха в районах размещения открытых спортивных объектов г. Казани. Исходными материалами являлись данные о массах выбросов загрязняющих веществ на территории г. Казани, результаты инструментальных исследований качества воздуха, материалы государственных докладов о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан за 2006–2016 гг.*

*Изучено влияние метеорологических условий на рассеивание, накопление выбросов стационарных источников и автотранспорта в местах расположения объектов. Составлена карта расположения открытых спортивных объектов и предприятий. Оценено взаимовлияние районов города в зависимости от направлений господствующих ветров, определяющих перенос загрязняющих веществ. Анализ повторяемости ветров с мая по сентябрь 2006–2016 гг. выявил преобладание северо-западного направления ветра в июле и западного – в мае, июне, августе и сентябре. В изученный период в 30,9 % месяцев наблюдались благоприятные, а в 69,1 % – ограниченно благоприятные или неблагоприятные условия для рассеивания загрязняющих веществ. Таким образом, природно-климатические особенности Казани формируют своеобразный качественный состав воздушного бассейна в городе; и в атмосферном воздухе: над открытыми спортивными объектами присутствуют загрязняющие вещества в концентрациях, превышающих предельно допустимые, что свидетельствует о потенциальных рисках для здоровья спортсменов. Полученные данные являются основанием для принятия решений по планированию мониторинга воздуха в период проведения мероприятий; ограничению работы приоритетных предприятий в период неблагоприятных метеорологических условий или иных условий; внесению изменений в архитектурно-планировочные решения на территории города, в том числе при разработке транспортных схем территории; разработке и внедрению природоохранных мероприятий.*

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, источники загрязнения, природно-климатические условия, загрязняющие вещества, открытые спортивные объекты, здоровье спортсменов.

В структуре приоритетных факторов, определяющих внешнесредовые риски здоровью спортсменов на спортивных объектах открытого типа, ведущее место принадлежит загрязнению атмосферного воздуха [1–4]. Скорость дыхания у спортсмена при максимальных нагрузках в течение 20–30 минут может достигать 100–120 дых./мин [5]. Такое увеличение вентиляции обеспечивается возрастанием частоты и объема дыхания, причем частота может увеличиться до 60–70 дыханий в минуту, а дыхательный объем – с 15 до 50 % жизненной емкости легких. По данным различных исследо-

ваний, эффективность тренировочного процесса в экологически неблагоприятных условиях низкая. Особенно это касается процесса, направленного на развитие и совершенствование «аэробной выносливости». На тренировку скоростных и силовых физических качеств, связанных с «анаэробной выносливостью», экологически неблагоприятные условия оказывают меньшее влияние. Это обусловлено тем, что достигнутый ранее уровень аэробных возможностей высококвалифицированных спортсменов представляет собой своеобразный резерв для их успешного восстановления [6–8].

© Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А., 2018

**Давлетова Наиля Ханифовна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин (e-mail: davletova0681@mail.ru; тел.: 8 (843) 294-90-86).

**Тафеева Елена Анатольевна** – доктор медицинских наук, доцент кафедры гигиены, медицины труда (e-mail: tafeeva@mail.ru; тел.: 8 (843) 236-97-02).

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха над спортивными объектами в городе являются промышленные предприятия (стационарные источники) и автотранспорт (передвижные источники) [9]. Одной из особенностей стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха является то, что выбрасываемые ими загрязняющие вещества распространяются на значительные территории, так как выбросы осуществляются в основном на больших высотах. Специфика передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха проявляется в низком расположении (на уровне зоны дыхания), распределении на неопределенные территории и постоянном перемещении.

Казань – столица Республики Татарстан – является крупным промышленным городом. На территории города расположено значительное количество открытых спортивных сооружений. Учитывая, что тренировочный и соревновательный процессы связаны, прежде всего, с учащением дыхания, то можно предположить, что количество загрязняющих веществ, поступающих в организм спортсмена с атмосферным воздухом, будет намного больше, чем у среднестатистического жителя района расположения спортивного объекта. Соответственно, проблема загрязнения воздуха над открытыми спортивными сооружениями приобретает для города Казани особую значимость.

**Цель настоящего исследования** – оценка качества атмосферного воздуха в районах размещения открытых спортивных объектов.

**Материалы и методы.** При анализе качества атмосферного воздуха в районе расположения спортивного объекта использовались данные по валовым выбросам загрязняющих веществ на основании отчетов 2ТП-Воздух, данные системы социально-гигиенического мониторинга, материалов государственных докладов о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан за 2006–2016 гг.

Изучение влияния метеорологических условий на рассеивание, накопление выбросов стационарных источников и автотранспорта проводилось по официальным данным архива погоды г. Казани [10, 11]. В частности, анализировались сведения о следующих величинах и явлениях: направление и скорость ветра, инверсии температуры воздуха и туманы, количество выпавших осадков в период с мая по сентябрь 2006–2016 гг. На основе вышеуказанных дан-

ных были построены розы ветров, рассчитан метеорологический коэффициент самоочищения атмосферы. Вычисление коэффициента самоочищения проводилось по стандартной методике, разработанной Т.С. Селегей [12].

**Результаты и их обсуждение.** Уровень загрязнения атмосферы над открытым спортивным объектом в крупном городе зависит от месторасположения стационарных источников, выбросов автотранспорта, распределения (перемещения) загрязняющих веществ на территории города (района), а также природно-климатических условий.

Наряду с концентрациями примесей в воздухе, присутствующими в атмосфере в районе отдельных объектов, в городе формируется фоновое загрязнение воздуха за счет взаимного наложения и перемешивания выбросов от многих источников. В связи с этим высокие концентрации токсических веществ в воздухе могут отмечаться вне прямого действия отдельных объектов. Фоновое загрязнение воздуха под влиянием метеорологических условий отмечается в целом над всем городом в течение суток, при постоянных выбросах от предприятий под влиянием погодных условий оно то усиливается, то ослабевает [13, 14].

На территории г. Казани расположено 16 крупных открытых спортивных сооружений: по 5 объектов в Вахитовском и Приволжском районах, по 2 – в Ново-Савиновском и Советском, по 1 – в Московском и Авиастроительном районах города. На территориях этих же районов города располагаются и промышленные предприятия – стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха (рис. 1).

Наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна над открытыми спортивными сооружениями г. Казани вносит автотранспорт, на долю которого приходится в среднем 70 % от общего объема выбросов, а также такие предприятия, как ОАО «Казаньоргсинтез», ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, МУП ПО «Казэнерго», ООО «Казанский комбинат силикатных стеновых материалов». Ежегодно в атмосферный воздух г. Казани в среднем поступает порядка 80,2 тысячи тонн загрязняющих веществ (ЗВ) от автотранспорта и около 30,6 тысячи тонн от стационарных источников. Динамика выбросов ЗВ, поступающих в атмосферу г. Казани от промышленных предприятий и автотранспорта, представлена на рис. 2.

Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являются газообразные



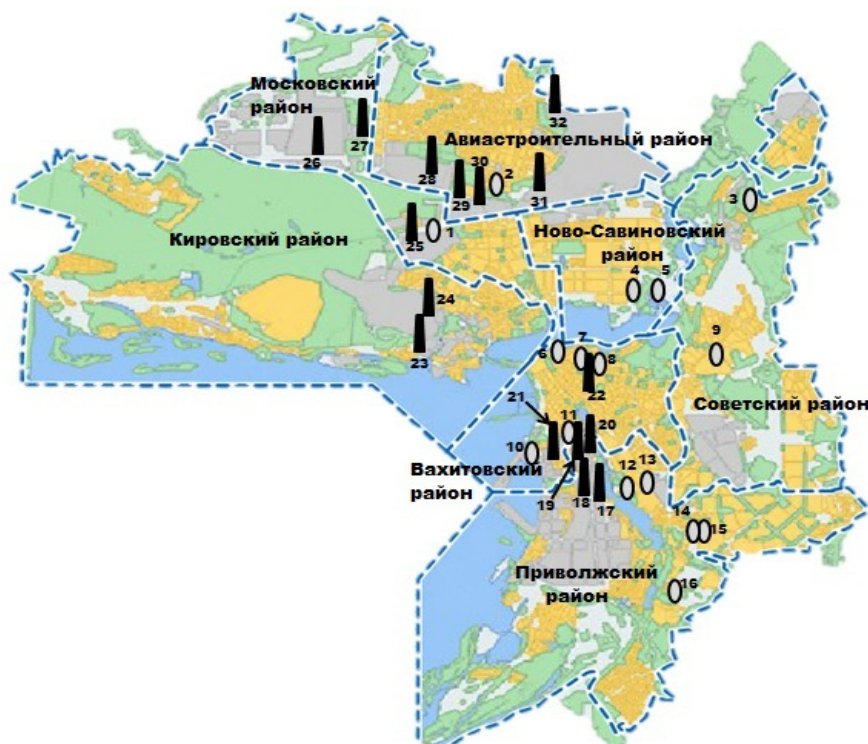


Рис. 1. Расположение открытых спортивных объектов и предприятий на территории г. Казани: 1 – стадион «Тасма», 2 – стадион «Рубин», 3 – стадион «Ракета», 4 – футбольный стадиона в СК «Олимп», 5 – стадион «Казань–Арена», 6 – «Центральный стадион», 7 – стадион «Динамо», 8 – стадион «Трудовые резервы», 9 – стадион «Мирас», 10 – стадион «Водник», 11 – стадион «Электрон», 12 – Центр гребных видов спорта, 13 – стадион «Центра хоккея на траве», 14 – открытые корты Академии тенниса, 15 – стадион «Буревестник», 16 – стадион в СК «Тулпар», 17 – ТЭЦ-1, 18 – Казанский медико-инструментальный завод, 19 – Казанский завод «Точмаш», 20 – ПАО «НэфисКосметикс», 21 – МУП ПО «Казэнерго», 22 – ОАО «Казанский завод «Электроприбор», 23 – ОАО «Сантехприбор», 24 – ФКП КГ «Казенный пороховой завод», 25 – «Химград», 26 – ТЭЦ-3, 27 – ОАО «Казаньоргсинтез», 28 – Казанский вертолетный завод, 29 – ТЭЦ-2, 30 – ООО «Казанский комбинат силикатных стеновых материалов», 31 – Казанский завод ЖБК, 32 – Казанский авиационный завод им. С.П. Горбунова

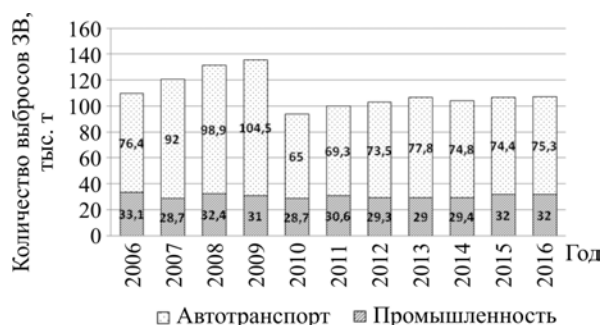


Рис. 2. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Казани за 2006–2016 гг.

и жидкие летучие органические соединения, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды, взвешенные вещества. В период с мая по сентябрь 2006–2016 гг. в г. Казани было зафиксировано 695 случаев превышения предельно допустимых концентраций, из них по взвешенным веществам – 108, по оксиду углерода – 72,

по диоксиду азота – 244, по формальдегиду – 113 превышений.

Выявленные превышения формируют риски для здоровья спортсменов. Регистрируемое качество воздуха позволяет прогнозировать неблагоприятные эффекты в отношении органов дыхания, слизистых глаз, отдельных иммунных нарушений (включая развитие аллергических реакций). Наиболее высокие уровни рисков в отношении органов дыхания, что значимо, прежде всего, для спортсменов, участвующих в соревнованиях на открытых спортивных объектах города. Максимальный индекс опасности (*HI*) в отношении органов дыхания прогнозируется на уровне до 32,8, что в 30 раз выше приемлемого уровня, в зоне расположения спортивного комплекса на ул. Копылова. Выше 10 *HI* прогнозируется риск в отношении органов дыхания в зоне размещения стадиона «Рубин». Индексы опасности на

уровне 6–7 НД, что может быть оценено как высокий риск, могут формироваться при определенных условиях в зоне расположения стадиона «Электрон».

Выявленные риски острых ингаляционных воздействий формируются комплексом примесей, однако основные вклады вносят не более 10 приоритетных примесей из 280, рассмотренных на стадии оценки экспозиции.

Определено, что риск в отношении органов дыхания формируют в основном следующие вещества: окислы азота, натрия гидроокись, сернистый ангидрид, пыли, в том числе мелкодисперсные. Вклад диоксида азота в индексы опасности колеблется в разных точках от 12,9 до 62,3 %; азота оксида – от 1,4 до 12,4 %; суммы пылей – от 8,0 до 73,7 %; гидроксида натрия – от 2,65 до 26,9 %; диоксида серы – от 3,6 до 20,7 %; аммиака – от 0,38 до 6,9 %; азотной кислоты – от 0,59 до 19,6 %. В сумме данные примеси в разных точках города формируют от 84 до 97 % риска острых ингаляционных воздействий в отношении органов дыхания. Прочие примеси вносят вклады не более 1 %. Долевые вклады приоритетных примесей изменяются в зависимости от места расположения спортивного объекта, однако перечень приоритетных загрязняющих веществ остается неизменным.

Значительное влияние на накопление вредных веществ в атмосфере оказывают природно-климатические условия. Хорошо известно, что такие факторы, как слабые ветры, приземные инверсии, штиль, существенно влияют на распределение вредных веществ в атмосфере, определяя ее способность к самоочищению [2, 15]. Отношение повторяемости условий, способствующих накоплению примесей (слабых ветров и туманов), к повторяемости условий, содействующих, в свою очередь, удалению примесей (сильных ветров и осадков), получил название коэффициента самоочищения атмосферы [16].

В ходе данного исследования на основании расчета коэффициента самоочищения атмосферы

за период с мая по сентябрь 2006–2016 гг. установлено, что воздушная среда города имеет ограниченно благоприятную способность к самоочищению с мая по август ( $K'_{\text{м}} = 0,96\text{--}1,14$ ) и благоприятные условия для рассеивания примесей в сентябре ( $K'_{\text{м}} = 1,27$ ). Многолетние средние значения коэффициента самоочищения атмосферы указывают, что с мая по сентябрь в основном наблюдаются ограниченно благоприятные условия для рассеивания примесей загрязняющих веществ (рис. 3).

Согласно проведенному анализу в изученный период только в 30,9 % месяцев наблюдались благоприятные условия для рассеивания загрязняющих веществ, в 69,1 % – ограниченно благоприятные или неблагоприятные. При этом наибольший вклад при неблагоприятных условиях самоочищения вносит значительная повторяемость слабого ветра (0–1 м/с). В среднем за год на территории Казани 27–30 % дней наблюдается средняя скорость ветра (менее 4 м/с) или штиль [12]. Накопление примесей в атмосфере усиливается в тумане. В среднем за период с 2006 по 2016 г. количество дней с туманами колебалось от 8 до 29 в год, а количество неблагоприятных для рассеивания 3В дней от 58 до 129 (табл. 1).

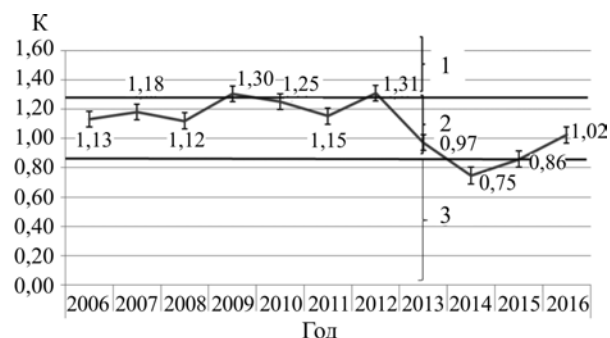


Рис. 3. Межгодовая изменчивость коэффициента самоочищения атмосферы г. Казани с мая по сентябрь за 2006–2016 гг.: 1 –  $K'_{\text{м}} > 1,2$  – благоприятные условия самоочищения атмосферы; 2 –  $0,8 < K'_{\text{м}} < 1,2$  – ограниченно благоприятные условия рассеивания; 3 –  $K'_{\text{м}} < 0,8$  – неблагоприятные условия для рассеивания

Таблица 1

Количество дней с неблагоприятными метеоусловиями для рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе и туманами на территории г. Казани в период 2006–2016 гг.

Количество дней	Год										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ	71	127	129	99	81	58	114	97	118	122	90
С туманами	24	29	8	12	12	15	12	17	19	14	16

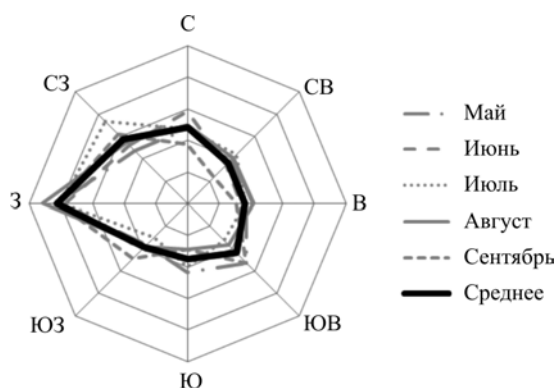


Рис. 4. Роза ветров г. Казани за период с мая по сентябрь 2006–2016 гг.

Существенную роль в переносе загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы играет направление ветра. Проведенный анализ повторяемости ветров с мая по сентябрь 2006–2016 гг. позволяет констатировать преобладание северо-западного направления ветра в июле и западного – в мае, июне, августе, сентябре (рис. 4).

В табл. 2 представлены данные взаимовлияния воздушных потоков районов города Казани в зависимости от направления ветра.

Как видно из табл. 2, перенос загрязняющих веществ возможен с территорий Авиастроительного, Вахитовского, Московского, Кировского и Приволжского районов при преобладающих северо-западных и западных ветрах. Повторяемость ветров с запада за период с мая по сентябрь составила – 24,6 %, северо-западных ветров – 16,6 %. При учете других направлений ветров относительно расположения промышленных предприятий и спортивных объектов в атмосферном воздухе над открыты-

ми спортивными объектами присутствовали загрязняющие вещества.

**Выводы.** Таким образом, природно-климатические особенности Казани формируют своеобразный химический состав воздушного бассейна в городе. Атмосферный воздух над спортивными объектами загрязняется за счет наличия источников загрязнения на территории административных районов расположения открытых спортивных объектов и переноса загрязняющих веществ с территории соседних районов города. Проведенный анализ говорит о необходимости дальнейших исследований качества окружающей среды в районах расположения спортивных объектов на территории крупного промышленного города. Кроме того, уже накопленные данные необходимо учитывать при:

- планировании мониторинга воздуха в период проведения спортивных мероприятий;
- организации работы приоритетных предприятий в период неблагоприятных метеорологических условий для минимизации рисков здоровью участников и гостей массовых спортивных мероприятий;
- внесении изменений в архитектурно-планировочные решения на территории города, в том числе при разработке транспортных схем территории;
- дальнейшей разработке и внедрению природоохранных мероприятий на производственных объектах, поскольку город ориентирован на организацию здорового образа жизни своих горожан и на проведение в столице Татарстана как общероссийских, так и международных спортивных мероприятий.

Таблица 2

Взаимовлияние районов города Казани в зависимости от направления ветра

Загрязняемые районы	Загрязняющие районы				
	Авиастроительный	Вахитовский	Московский	Кировский	Приволжский
Авиастроительный	С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, <b>З</b> *, <b>СЗ</b>	ЮВ, Ю	Ю, ЮЗ, <b>З</b>	ЮВ, Ю, ЮЗ	Ю, ЮЗ
Вахитовский	С, СВ, <b>СЗ</b>	С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, <b>З</b> , <b>СЗ</b>	С	С, <b>СЗ</b>	ЮВ, Ю, ЮЗ
Советский	<b>СЗ</b>	ЮЗ, <b>З</b> , <b>СЗ</b>	<b>З</b> , <b>СЗ</b>	ЮЗ, <b>З</b>	ЮВ, Ю, ЮЗ
Ново-Савиновский	С, СВ, <b>СЗ</b>	ЮВ, Ю, ЮЗ	<b>З</b> , <b>СЗ</b>	ЮЗ, <b>З</b> , <b>СЗ</b>	ЮВ, Ю, ЮЗ
Московский	В, ЮВ	СВ, В, ЮВ	С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, <b>З</b> , <b>СЗ</b>	ЮВ, Ю, ЮЗ	ЮВ, Ю
Кировский	С, СВ, В	В, ЮВ	С, СВ, В, <b>СЗ</b>	С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, <b>З</b> , <b>СЗ</b>	ЮВ, Ю
Приволжский	С, <b>СЗ</b>	С, СВ, <b>СЗ</b>	С, <b>СЗ</b>	С, <b>СЗ</b>	С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, <b>З</b> , <b>СЗ</b>

Примечание: \* – преобладающие направления ветров для г. Казани с мая по сентябрь;  – ветра, перемещающие потенциально загрязненные воздушные массы.

### Список литературы

1. Бондин В.И. Двигательная активность и здоровье человека в условиях техногенного загрязнения окружающей среды // Физическая культура, спорт, здоровье и долголетие: сборник материалов пятой все-российской с международным участием научной конференции. – М., 2016. – С. 3–7.
2. Наскалов В.М. Учет состояния атмосферного воздуха для организации занятий физическими упражнениями // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 2 (120). – С. 95–99.
3. Carlisle A.J., Sharp N.C. Exercise and outdoor ambient air pollution // Br. J. Sports. Med. – 2001. – Vol. 35, № 4. – P. 214–222.
4. Environmental Influences on Elite Sport Athletes Well Being: From Gold, Silver, and Bronze to Blue Green and Gold / A.A. Donnelly, T.E. MacIntyre, N. O'Sullivan, G. Warrington, A.J. Harrison, E.R. Igou, M. Jones, C. Gidlow, N. Brick, I. Lahart, R. Cloak, A.M. Lane // Front Psychol. – 2016. – Vol. 4, № 7. – P. 1167. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.01167
5. Effects of polluted air on cardiovascular and hematological parameters after progressive maximal aerobic exercise / M. Kargarfard, A. Shariat, B.S. Shaw, I. Shaw, E.T. Lam, A. Kheiri, A. Eatemadyboroujeni, S.B. Tamrin // Lung. – 2015. – Vol. 193, № 2. – P. 275–281. DOI: 10.1007/s00408-014-9679-1
6. Практический опыт оценки и управления неинфекционными рисками для здоровья при подготовке массовых спортивных мероприятий (на примере Всемирной летней Универсиады – 2013 в Казани и Олимпийских зимних игр – 2014 в Сочи) / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн, С.А. Вековщина, С.Ю. Балашов // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – Т. 273, № 12. – С. 4–7.
7. Экология лета 2010 года и тренировочный процесс в Подмоскowie спортсменов разных специализаций / А.П. Козловский, Л.А. Калинин, Г.А. Бобков, В.Н. Морозов // Физическая культура и массовый спорт в основе здоровьесберегающих технологий, роль науки в повышении эффективности управления подготовкой спортсменов на многолетних этапах: итоговый сборник всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – М., 2013. – С. 125–130.
8. Lippi G., Guidi G.C., Maffulli N. Air pollution and sports performance in Beijing // Int. J. Sports. Med. – 2008. – Vol. 29, № 8. – P. 696–698. DOI: 10.1055/s-2008-1038684
9. Давлетова Н.Х. Автотранспорт как глобальный источник загрязнения атмосферного воздуха // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 4. – С. 90.
10. Архив погоды г. Казани [Электронный ресурс]. – URL: <https://rp5.ru> (дата обращения: 26.09.2017).
11. Ежегодный обзор состояния загрязнения атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tatarmeteo.ru/ru/monitoring-okruzhayushhej-sredy/ezhegodnyj-obzor-sostoyaniya-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduxa.html> (дата обращения: 26.09.2017).
12. Селегей Т.С., Филоненко Н.Н., Ленковская Т.Н. О методике определения метеорологического потенциала загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – Т. 28, № 8. – С. 725–729.
13. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха как фактора риска здоровью населения Казани / Е.А. Тафеева, А.В. Иванов, А.А. Титова, И.Ф. Ахметзянова // Гигиена и санитария. – 2015. – № 3. – С. 37–40.
14. Янгличева Ю.Р., Валеева Г.Р. Закономерности формирования химического состава атмосферы на территории г. Казань // Юг России: экология, развитие. – 2016. – № 2. – С. 108–120.
15. Азаров В.Н., Донцова Т.В. О балансах вредных веществ в атмосфере крупных городов [Электронный ресурс] // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2014. – № 1. – С. 1–11. – URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=1538> (дата обращения: 01.10.2017).
16. Экологические проблемы и состояние здоровья населения в Астраханском регионе / В.С. Рыбкин, Ю.С. Чуйков, В.В. Коломин, Г.А. Теплая, А.В. Вавилина // Астраханский вестник экологического образования. – 2016. – № 1. – С. 36–41.

*Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А. Влияние природно-климатических условий на качество воздуха в районах размещения открытых спортивных объектов (на примере г. Казани) // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 39–46. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.05*

UDC 613.15

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.05.eng

## INFLUENCE EXERTED BY NATURAL-CLIMATIC CONDITIONS ON AIR QUALITY ON AREAS WHERE OPEN-AIR SPORT FACILITIES ARE LOCATED (ON THE EXAMPLE OF KAZAN)

**N.Kh. Davletova<sup>1</sup>, E.A. Tafeeva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Povolzhskaya State Academy for Physical Culture, Sport and Tourism, 35 Universiada Viollage, Kazan', 420010, Russian Federation

<sup>2</sup>Kazan State Medical University, 49 Butlerova Str., Kazan', 420012, Russian Federation

*Atmospheric air contamination holds the first place among priority factors which determine environmental risks for sportsmen's health at open-air sport facilities. Training processes especially those aimed at aerobic endurance development and improvement are inefficient under ecologically unfavorable conditions. Our research goal was to assess atmospheric air quality on territories where open-air sport facilities were located in Kazan. Our initial materials were data on contaminants emissions on Kazan territory, results of instrumental research on air quality, data taken from state Reports on natural resources and environmental protection issued in Tatarstan in 2006–2016.*

*We examined impacts exerted by meteorological conditions on dispersion and accumulation of emissions from stationary sources and automobile transport in close proximity to open-air sport facilities. We charted all the open-air sport facilities and enterprises and assessed mutual influences by various city districts on each other depending on prevailing winds which determined contaminants transfer from place to place. Our analysis on winds repeatability from May to September over 2006–2016 revealed that North-West wind prevailed in July, and West wind, in May, June, August, and September. Conditions which were favorable for contaminants dispersion were observed only in 30.9 % of months over the examined period; partially favorable or even unfavorable ones occurred in 69.1 % of time. So, natural-climatic conditions existing in Kazan create specific qualitative composition of city air and contaminants are present in atmospheric air above open-air sport facilities in concentrations exceeding maximum permissible ones. It causes potential risks for sportsmen's health. The obtained data give grounds for air monitoring planning at periods when sport events take place; for organizing work at priority enterprises when meteorological conditions are unfavorable; they can also be applied when changes are made into architectural and design plans for the city territory including transport routes development; or when activities aimed at environment protection are developed and implemented.*

**Key words:** atmospheric air, contamination sources, natural climatic conditions, contaminants, open-air sport facilities, sportsmen's health.

### References

1. Bondin V.I. Dvigatel'naya aktivnost' i zdorov'e cheloveka v usloviyakh tekhnogennoy zagryazneniya okruzhayushchei sredy [Human motor activity and health under technogenic environmental contamination]. *Fizicheskaya kul'tura, sport, zdorov'e i dolgoletie: Sbornik materialov pyatoi Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoi konferentsii* [Physical culture, sport, health and longevity: Collection of materials issued for the Fifth Russian scientific conference with international participation]. Moscow, 2016, pp. 3–7 (in Russian).
2. Naskalov V.M. Uchet sostoyaniya atmosfernogo vozdukh dlya organizatsii zanyatii fizicheskimi uprazhneniyami [Accounting of the condition of atmospheric air for the organization of occupations by physical exercises]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2015, vol. 120, no. 2, pp. 95–99 (in Russian).
3. Carlisle A.J., Sharp N.C. Exercise and outdoor ambient air pollution. *Br. J. Sports. Med.*, 2001, vol. 35, no. 4, pp. 214–222.
4. Donnelly A.A., MacIntyre T.E., O'Sullivan N., Warrington G., Harrison A.J., Igou E.R., Jones M., Gidlow C., Brick N., Lahart I., Cloak R., Lane A.M. Environmental Influences on Elite Sport Athletes Well Being: From Gold, Silver, and Bronze to Blue Green and Gold. *Front Psychol.*, 2016, vol. 4, no. 7, pp. 1167. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.01167
5. Kargarfard M., Shariat A., Shaw B.S., Shaw I., Lam E.T., Kheiri A., Eatemadyboroujeni A., Tamrin S.B. Effects of polluted air on cardiovascular and hematological parameters after progressive maximal aerobic exercise. *Lung*, 2015, vol. 193, no. 2, pp. 275–281. DOI: 10.1007/s00408-014-9679-1

© Davletova N.Kh., Tafeeva E.A., 2018

**Nailya Kh. Davletova** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at Medical-biological Subjects Department (e-mail: davletova0681@mail.ru; tel.: +7 (843) 294-90-86).

**Elena A. Tafeeva** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor at Hygiene and Occupational Medicine Department (e-mail: tafeeva@mail.ru; tel.: +7 (843) 236-97-02).

6. Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V., Vekovshina S.A., Balashov S.Yu. Prakticheskii opyt otsenki i upravleniya neinfektsionnymi riskami dlya zdorov'ya pri podgotovke massovykh sportivnykh meropriyatiy (na primere Vsemirnoi Letnei Universiady – 2013 v Kazani i Olimpiiskikh zimnikh igr – 2014 v Sochi) [Practical experience in the assessment and management of non-infectious health risks during the preparation of the mass sports events (using the example of the 2013 summer Universiade in Kazan and the 2014 winter Olympics in Sochi)]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2015, no. 12 (273), pp. 4–7 (in Russian).

7. Kozlovskii A.P., Kalinkin L.A., Bobkov G.A., Morozov V.N. Ekologiya leta 2010 goda i trenirovochnyi protsess v Podmoskov'e sportmenov raznykh spetsializatsii [Ecology during summer 2010 and training for sportsmen with different specializations on the Moscow Metropolitan Area]. *Fizicheskaya kul'tura i massovyi sport v osnove zdorov'esberegayushchikh tekhnologii, rol' nauki v povyshenii effektivnosti upravleniya podgotovkoi sportmenov na mnogoletnikh etapakh: Itogovi sbornik Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Physical culture and mass sport as a basis for health-preserving technologies, a role science plays in raising efficiency of sportsmen training management for long-term periods: Resulting collection of Russian theoretical and practical conference with international participation]. Moscow, 2013, pp. 125–130 (in Russian).

8. Lippi G., Guidi G.C., Maffulli N. Air pollution and sports performance in Beijing. *Int. J. Sports. Med.*, 2008, vol. 29, no. 8, pp. 696–698. DOI: 10.1055/s-2008-1038684

9. Davletova N.Kh. Avtotransport kak global'nyi istochnik zagryazneniya atmosfernogo vozdukha [Autotransport as the main source of the air pollution]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2005, no. 4, pp. 90 (in Russian).

10. Arkhiv pogody g. Kazan [Weather in Kazan: archive]. Available at: <https://rp5.ru> (26.09.2017) (in Russian).

11. Ezhegodnyi obzor sostoyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha [Annual review on atmospheric air contamination]. Available at: <http://www.tatarmeteo.ru/ru/monitoring-okruzhayushhej-sredyi/ezhegodnyiy-obzor-sostoyaniya-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduxa.html> (26.09.2017) (in Russian).

12. Selegei T.S., Filonenko N.N., Lenkovskaya T.N. O metodike opredeleniya meteorologicheskogo potentsiala zagryazneniya atmosfery [On the method of determining meteorological air pollution potential]. *Optika atmosfery i okeana*, 2015, vol. 28, no. 8, pp. 725–729 (in Russian).

13. Tafееva E.A., Ivanov A.V., Titova A.A., Akhmetzyanova I.F. Monitoring zagryazneniya atmosfernogo vozdukha kak faktora riska zdorov'yu naseleniya Kazani [Air pollutions as a risk factor for the population health in Kazan city]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, no. 3, pp. 37–40 (in Russian).

14. Yanglicheva Yu.R., Valeeva G.R. Zakonomernosti formirovaniya khimicheskogo sostava atmosfery na territorii g. Kazan' [Laws of formation of chemical composition of the atmosphere in the territory of Kazan]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2016, no. 2, pp. 108–120 (in Russian).

15. Azarov V.N., Dontsova T.V. O balansakh vrednykh veshchestv v atmosfere krupnykh gorodov [Balances of pollutants in the atmosphere of largest cities]. *Internet-vestnik VolgGASU*, 2014, no. 1, pp. 1–11. Available at: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=1538> (01.10.2017) (in Russian).

16. Rybkin V.S., Chuikov Yu.S., Kolomin V.V., Teplaya G.A., Vavilina A.V. Ekologicheskie problemy i sostoyanie zdorov'ya naseleniya v Astrakhanskom regione [Environmental Problems and health status in Astrakhan Region]. *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, 2016, no. 1, pp. 36–41 (in Russian).

*Davletova N.Kh., Tafееva E.A. Influence exerted by natural-climatic conditions on air quality on areas where open-air sport facilities are located (on the example of Kazan). Health Risk Analysis, 2018, no. 1, pp. 39–46. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.05.eng*

Получена: 17.01.2018

Принята: 23.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 613.95: 616-007-053.1: 614.876

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.06

## ПОСЛЕДСТВИЯ МАТЕРИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ: РИСК ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ У ДЕТЕЙ

**С.Ф. Соснина, П.В. Окатенко**

Южно-Уральский институт биофизики Федерального медико-биологического агентства, Россия, 456780, г. Озёрск, Озёрское шоссе, 19

*Изучение радиационно-индуцированных эффектов у детей лиц, подвергшихся радиационному воздействию на производстве, важно для нормирования доз техногенного облучения людей репродуктивного возраста и для прогноза неблагоприятных последствий родительского облучения у потомков. Цель работы – анализ врожденных пороков развития (ВПР) у потомков работниц ФГУП «Производственное объединение “Маяк”», имевших накопленные прекоцептивные дозы внешнего гамма-облучения. Ретроспективное исследование проведено среди 1190 детей 1949–1969 г.р., 238 из которых были потомками работников радиационно-опасного производства. Максимальная сопоставимость групп, сформированных из детского населения г. Озёрска, достигнута подбором по полу, году рождения, возрасту родителей при рождении ребенка. Сравнение частоты ВПР проведено с использованием критерия  $\chi^2$ , точного критерия Фишера. Произведен расчет отношения шансов (ОШ) с 95%-ным доверительным интервалом. Для выявления латентных факторов применен факторный анализ методом главных компонент с последующим Varimax normalized вращением. Диапазон доз внешнего гамма-облучения на гонады у работниц ПО «Маяк» составлял 0,09–3523,7 мГр; средняя накопленная доза была  $373,6 \pm 34,2$  мГр. В группе потомков облученных матерей каждый десятый ребенок был рожден матерью, имевшей накопленную прекоцептивную дозу внешнего гамма-облучения на гонады более 1 Гр. Сравнительный анализ показал отсутствие статистически значимых различий между группами в частоте ВПР в целом и по нозологическим формам. Показатель ОШ в целом составил 0,86 (0,46–1,59), среди мальчиков – 0,88 (0,35–2,2), среди девочек – 0,84 (0,36–1,94). Отмечены различия в структуре ВПР: среди потомков облученных матерей преобладали ВПР нервной системы, органов дыхания (по 23 %) и ВПР костно-мышечной системы (15,3 % всех пороков); среди детей интактных родителей ведущими были ВПР костно-мышечной системы (23,3 %) и ВПР нервной системы (21,7 %). Отмечены гендерные различия в структуре ВПР в сравниваемых группах. Хромосомной патологии в обеих группах не зарегистрировано. В группе потомков облученных матерей ВПР диагностированы у детей, чьи матери имели накопленные прекоцептивные дозы внешнего гамма-облучения на гонады в диапазоне 1,9–1635,5 мГр, со средней дозой 307,5 мГр. Факторный анализ в группе потомков работниц атомного производства выявил четыре фактора, характеризующих прекоцептивное облучение матерей (21,5 % дисперсии), антенатальный период потомков (17,1 % дисперсии), акушерско-гинекологический анамнез (12,9 % дисперсии) и вредные привычки матерей – употребление алкоголя и курение (11,0 % дисперсии). Учитывая выявленные особенности, требуется продолжение исследования с расширением группы потомков и периода наблюдения за ними.*

**Ключевые слова:** врожденные пороки развития, потомки, радиационное воздействие, прекоцептивное облучение, репродуктивный возраст, отношение шансов, факторный анализ.

Оценка отдаленных эффектов пролонгированного облучения на производстве актуальна как для целей радиационной безопасности лиц репродуктивного возраста, так и для прогноза неблагоприятных последствий для здоровья их потомков. Возможность трансгенерационного пути передачи цитогенетических эффектов,

трансмиссии геномной нестабильности потомкам описана во многих работах [1, 2]. В то же время некоторые авторы не находят связи между облучением гонад и развитием генетических заболеваний среди потомства [3] и даже считают маловероятным обнаружение трансгенерационных эффектов при любой реальной эпиде-

© Соснина С.Ф., Окатенко П.В., 2018

**Соснина Светлана Фаридовна** – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории радиационной эпидемиологии (e-mail: sosnina@subi.su; тел.: 8 (351) 307-66-27).

**Окатенко Павел Викторович** – руководитель группы компьютерного и программного обеспечения, лаборатория радиационной эпидемиологии (e-mail: okatenko@subi.su; тел.: 8 (351) 307-69-03).

миологической ситуации [4]. Эпидемиологические исследования, рассматривающие родительское облучение как один из потенциальных факторов тератогенного риска, проведены среди потомков жертв атомной бомбардировки [5, 6], детей пациентов, подвергшихся диагностическому и лечебному радиационному воздействию [7, 8], потомков профессионалов, контактирующих с ионизирующим излучением [9–12]. Несмотря на большое количество исследований, радиационно-индуцированные эффекты у потомков облученных лиц остаются предметом дискуссии.

Производственное объединение «Маяк» (ПО «Маяк») – первое в стране предприятие ядерного цикла, начавшее работу в 1948 г. и расположенное вблизи закрытого административно-территориального образования г. Озёрска. Особенностью когорты персонала ПО «Маяк», в сравнении с другими когортами профессиональных работников атомных производств, является относительно большое количество женщин (около 25 %) [13]. Эта отличительная черта позволяет рассматривать когорту потомков работниц ПО «Маяк» в качестве показательной для оценки последствий материнского облучения на организм ребенка.

**Цель исследования** – анализ врожденных пороков развития у потомков работниц ПО «Маяк», имевших накопленные преконцептивные дозы внешнего гамма-облучения.

**Материалы и методы.** Ретроспективное исследование проведено на основе «Регистра здоровья детского населения г. Озёрска» – компьютерной базы данных персонального учета медицинской информации, содержащей сведения клинического, социального и эпидемиологического плана из детских амбулаторных карт (форм 112/у) [14]. В настоящее время «Регистр здоровья детского населения» включает данные на 15 568 лиц до 15-летнего возраста, проживавших в детском возрасте в г. Озёрске.

Дозиметрические характеристики профессионального облучения родителей получены из «Дозиметрической системы работников “Маяка” – 2008» [15]. Использованы значения накопленных преконцептивных поглощенных доз внешнего гамма-облучения на яичники. Дозы внешнего гамма-облучения гонад рассчитывались методом Монте-Карло по показаниям индивидуальных дозиметров и пространственно-энергетическому распределению поля фотонного излучения на рабочем месте. Для срав-

нения приведены значения эквивалента поглощенной дозы внешнего гамма-излучения на поверхность тела  $H_p(10)$  и преконцептивных поглощенных доз внешнего гамма-облучения на толстый кишечник.

Сведения о состоянии здоровья матерей-работниц ПО «Маяк», в том числе акушерско-гинекологический анамнез, наличие хронической патологии и вредных привычек, получены из медицинских карт персонала ПО «Маяк».

Критерии включения в исследуемую группу: 1) ребенок рожден в г. Озёрске в 1949–1969 гг.; 2) мать ребенка являлась работницей ПО «Маяк» и имела накопленную преконцептивную дозу внешнего гамма-облучения на гонады; 3) отец ребенка не имел доз преконцептивного профессионального облучения, не являлся переселенцем с радиоактивно загрязненных территорий, не был ликвидатором последствий радиационных аварий. В итоге основная группа потомков работниц ПО «Маяк» включала 238 детей (148 девочек, 90 мальчиков), подходящих под вышеуказанные критерии и имеющих медицинскую документацию.

Группа сравнения сформирована из «Регистра здоровья детского населения г. Озёрска»: к каждому ребенку из основной группы подобран контроль в соотношении 1:4 с учетом пола, года рождения детей, возраста родителей при рождении ребенка, наличия медицинской документации.

Критерии включения в группу сравнения: 1) ребенок рожден в г. Озёрске в период 1949–1969 гг.; 2) родители ребенка никогда не подвергались профессиональному облучению, не участвовали в ликвидации последствий радиационных аварий, не являлись переселенцами с радиоактивно загрязненных территорий. В итоге группа сравнения включала 952 ребенка (592 девочки, 360 мальчиков). Сформированные из популяции детского населения г. Озёрска группы сопоставимы по уровню и качеству медицинского обслуживания, климатогеографическим условиям проживания, возможному техногенно измененному фону.

В данной работе проанализирован класс XVII «Врожденные аномалии [пороки развития], деформации и хромосомные нарушения» (шифры Q00–Q99) «Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем X пересмотра» (МКБ-10) [16]. Учитывались случаи впервые зарегистрированных диагнозов у детей до 15-летнего возраста.



Статистический анализ данных проведен с помощью пакета программ Statistica Version 10 (StatSoft, USA). Описательная статистика для нормально распределенных признаков представлена в виде средних значений ( $M$ )  $\pm$  среднее квадратическое отклонение ( $s$ ); при распределении, отличающемся от нормального, – в виде медианы и интерквартильного размаха (25-й и 75-й процентиля). Сравнение частот проведено при помощи критерия  $\chi^2$  и точного критерия Фишера, различия считали достоверными при  $p < 0,05$ . Проведен расчет отношения шансов (ОШ) с 95%-ным доверительным интервалом. Для выявления латентных факторов, объясняющих соотношения между изучаемыми переменными, проведен факторный анализ методом главных компонент с последующим Varimax normalized вращением [17]. Выбор данного метода вращения объясняется более наглядной интерпретацией факторных нагрузок в сравнении с другими стратегиями вращения. Количество факторов определено по критерию Кайзера с учетом собственных значений факторов не меньше 1. В качестве значимых для интерпретации принимались факторные нагрузки  $> 0,7$ .

**Результаты и их обсуждение.** Матери исследуемой группы детей были наняты на ПО «Маяк» в 1948–1966 гг. Характеристика доз внешнего гамма-облучения, включая материнские прекоцептивные дозы и дозы, полученные детьми внут-

риутробно, представлена в табл. 1. Так как распределение доз было близким к нормальному, представлены как средние значения, так и медианы.

Наиболее высокие дозовые нагрузки были отмечены у работниц ПО «Маяк» в первые годы работы предприятия. Максимальная доза внешнего гамма-облучения на гонады среди облученных матерей достигала 3523,7 мГр. Средняя накопленная доза внешнего гамма-облучения на гонады у работниц ПО «Маяк» составляла  $373,6 \pm 34,2$  мГр. Следует указать, что у 182 потомков (76,5 %) имелись сведения о дозах внутриутробного облучения. Они варьировались от 0,01 до 261,9 мГр; средняя доза составила  $25,8 \pm 2,8$  мГр, так как матери продолжали подвергаться радиационному воздействию на ранних сроках беременности.

Наблюдаемые нами уровни прекоцептивного облучения женского персонала ПО «Маяк» объясняются не только несовершенной технологией, предельно сжатыми сроками для выполнения государственных оборонных задач и отсутствием опыта работы с источниками ионизирующих излучений, но и существующими на тот момент представлениями о допустимых уровнях радиационного воздействия на производстве. Распределение потомков в зависимости от прекоцептивной материнской дозы внешнего гамма-облучения на гонады представлено в табл. 2.

Таблица 1

Характеристика накопленных доз внешнего гамма-облучения матерей и доз внутриутробного облучения

Доза	Диапазон доз	Среднее значение дозы $\pm$ среднее квадратическое отклонение	Медиана [интерквартильный размах]
Доза на гонады, мГр	0,09–3523,7	$373,6 \pm 34,2$	136,8 [29,3; 533,2]
Доза на толстый кишечник, мГр	0,09–3898,7	$388,9 \pm 36,2$	139,9 [30,7; 554,8]
Доза Нр (10), мЗв	0,13–4533,2	$481,9 \pm 43,9$	191,1 [37,8; 731,3]
Доза <i>in utero</i> , мГр	0,01–261,9	$25,8 \pm 2,8$	8,4 [0,56; 28,2]

Таблица 2

Распределение потомков в зависимости от накопленной прекоцептивной дозы внешнего гамма-облучения на гонады матери

Дозовый интервал, мГр	Основная группа в целом ( $n = 238$ )			Мальчики ( $n = 90$ )			Девочки ( $n = 148$ )		
	абс.	%	средняя доза, мГр	абс.	%	средняя доза, мГр	абс.	%	средняя доза, мГр
0,01–25,0	54	22,7	8,6	22	24,4	10,4	32	21,6	7,3
25,1–100,0	56	23,5	53,1	18	20,0	47,1	38	25,7	55,9
100,1–250,0	26	10,9	165,4	8	8,9	183,9	18	12,2	157,2
250,1–500,0	36	15,1	358,7	15	16,7	362,9	21	14,2	355,7
500,1–1000,0	43	18,1	703,6	18	20,0	686,8	25	16,9	715,7
>1000,0	23	9,7	1652,3	9	10,0	1744,6	14	9,4	1592,9
Всего	238	100	373,6	90	100	400,6	148	100	357,1

Наибольший процент потомков отмечен в диапазоне доз материнского облучения до 100 мГр, при этом распределение детей отличалось по полу. Почти четверть подгруппы мальчиков (24,4 %) родились у работниц с накопленной прекоцептивной дозой внешнего гамма-облучения на гонады до 25 мГр, в то время как в подгруппе девочек более чем 25,7 % матери имели накопленную дозу на гонады в диапазоне 25,1–100,0 мГр. Каждый десятый ребенок был рожден матерью, имевшей накопленную дозу внешнего гамма-облучения на гонады более 1 Гр.

Анализ ВПР у потомков матерей, подвергавшихся облучению на производстве, показал, что среди 238 живорожденных детей зарегистрировано 13 случаев ВПР у 12 детей (аномалия развития мозга и гортани у одного ребенка). В группе сравнения среди 952 человек зарегистрировано 60 пороков у 55 детей (три порока развития у одного ребенка, по два ВПР у троих детей). Данные по распределению ВПР по системам в обеих группах детей представлены в табл. 3.

Значимых статистических различий по частоте ВПР в целом в группах не найдено ( $p > 0,05$ ). Для проверки гипотезы о возможном влиянии фактора материнского прекоцептивного облучения на развитие врожденных пороков у потомков проведен расчет отношения шансов с 95%-ным доверительным интервалом. Значение ОШ в сравниваемых группах показало отсутствие значимой статистической связи между облучением матерей на производстве и мальформациями у их потомков: ОШ без разделения по полу составило 0,86 (0,46–1,59); результат ОШ среди мальчиков – 0,88 (0,35–2,2); ОШ среди девочек – 0,84 (0,36–1,94).

Следует отметить, что, благодаря анализу амбулаторных карт, содержащих уточненные диагнозы до 15-летнего возраста включительно, учтены пороки развития, диагностированные не только при рождении ребенка, но и в более старшем возрасте.

В группе потомков облученных матерей наиболее часто диагностированы ВПР нервной системы и органов дыхания (по 23,1 % всех пороков в основной группе в целом). Среди ВПР

Таблица 3

Структура ВПР в сравниваемых группах

ВПР (по МКБ-10)	Основная группа						Группа сравнения					
	мальчики ( $n = 90$ )		девочки ( $n = 148$ )		оба пола ( $n = 238$ )		мальчики ( $n = 360$ )		девочки ( $n = 592$ )		оба пола ( $n = 952$ )	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
ВПР нервной системы (Q00–Q07)	2	33,3	1	14,3	3	23,1	6	22,2	7	21,2	13	21,7
ВПР глаза, уха, лица и шеи (Q10–Q18)	0	0	0	0	0	0	7	25,9	2	6,1	9	15,0
ВПР системы кровообращения (Q20–Q28)	0	0	1	14,3	1	7,7	3	11,1	6	18,2	9	15,0
ВПР органов дыхания (Q30–Q34)	2	33,3	1	14,3	3	23,1	1	3,7	1	3,0	2	3,3
Расщелина губы и нёба (Q35–Q37)	0	0	0	0	0	0	2	7,4	0	0	2	3,3
Другие врожденные аномалии органов пищеварения (Q38–Q45)	0	0	1	14,3	1	7,7	5	18,5	1	3,0	6	10,0
ВПР половых органов (Q50–Q56)	1	16,7	0	0	1	7,7	1	3,7	0	0	1	1,7
ВПР мочевой системы (Q60–Q64)	0	0	1	14,3	1	7,7	0	0	0	0	0	0
ВПР костно-мышечной системы (Q65–Q79)	1	16,7	1	14,3	2	15,3	2	7,4	12	36,4	14	23,3
Другие ВПР (Q80–Q89)	0	0	1	14,3	1	7,7	0	0	4	12,1	4	6,7
Хромосомные аномалии, не классифицированные в других рубриках (Q90–Q99)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего	6	100	7	100	13	100	27	100	33	100	60	100

нервной системы зарегистрировано три случая микроцефалии. Врожденные аномалии органов дыхания представлены врожденным стридором гортани, врожденным ателектазом легкого и недоразвитием пазух носа. Второе место по частоте в группе потомков облученных матерей занимали ВПР костно-мышечной системы (15,3 % всех пороков), представленные аномалией развития ребер и случаем аномалии ладьеvidной кости. Равные доли (по 7,7 %) отмечены среди ВПР системы кровообращения, органов пищеварения, мочеполовых органов.

Структура аномалий развития среди мальчиков отличалась от таковой в подгруппе девочек. Так, среди мальчиков чаще регистрировались ВПР нервной системы и органов дыхания – по 2 случая (33,3 %). В то время как у девочек отмечена одинаковая доля (по 14,3 %) ВПР нервной системы, органов дыхания, пищеварения, системы кровообращения, мочеполовой и костно-мышечной систем.

Случай микроцефалии с атрофией правой гемисферы описан в подгруппе мальчиков. Ряд авторов [18, 19] указывают, что повреждения мозга на ранних стадиях онтогенеза являются ведущей причиной перинатальной смертности и составляют 60–70 % неврологической патологии детского возраста, при этом отмечены полиморфность и неспецифичность неврологической симптоматики у детей с пороками развития головного мозга.

Комбинированный врожденный порок сердца (незаращение боталлова протока и дефект межпредсердной перегородки) описан в подгруппе девочек. ВПР мочевой системы в виде аномального отхождения мочеточника диагностирован у девочки с обструктивным хроническим пиелонефритом. Хромосомной патологии среди потомков работниц ПО «Маяк» не зарегистрировано.

В группе сравнения наиболее часто среди всех ВПР регистрировались пороки костно-мышечной системы (23,3 %), представленные в большинстве случаев врожденными деформациями бедра, челюстно-лицевыми аномалиями, нарушением развития грудино-ключично-сосцевидной мышцы. Второе место занимали ВПР нервной системы (21,7 %), среди которых отмечено 6 случаев микроцефалии. ВПР глаза, уха, лица и шеи (шифры Q10–Q18) и ВПР системы кровообращения вносили равноценный вклад (по 15 %) в структуру всех ВПР среди детей от интактных родителей.

Среди мальчиков, рожденных в семьях родителей, не облученных на производстве,

наиболее часто (25,9 %) встречались аномалии развития глаз в виде врожденной катаракты, дефектов развития слезного аппарата, аномалии развития уха. Расщелины нёба (волчья пасть) отмечены у двоих детей. Среди ВПР органов пищеварения у мальчиков зарегистрирован случай врожденного гипертрофического пилоростеноза и случай болезни Гиршпрунга.

Среди девочек в группе сравнения чаще встречались ВПР костно-мышечной системы (36,4 %), большая часть которых была представлена врожденными деформациями бедра. В подгруппе девочек отмечены три случая редких пороков развития: атрезии слухового прохода, врожденного эритробластоза и инверсии внутренних органов (*Situs viscerum inversus*). Указаний на хромосомные аномалии у детей в группе сравнения также не найдено. Аномалии половых органов в обеих группах представлены единожды встречающимися случаями крипторхизма.

Сравнение частоты аномалий развития по нозологическим формам показало отсутствие значимых различий как в целом в группах, так и среди подгрупп девочек и мальчиков ( $p > 0,05$ ). Представленные данные по структуре ВПР несколько отличаются от национальной статистики и международного регистра EUROCAT, где в структуру врожденных пороков самый большой вклад вносят пороки развития системы кровообращения, костно-мышечной и мочеполовой систем [20, 21]. Однако относительно малое число случаев ВПР в изучаемых группах не позволяет делать нам окончательные выводы.

Случаи ВПР среди основной группы детей зарегистрированы при диапазоне у матери пре-концептивных доз внешнего гамма-облучения на гонады 1,9–1635,5 мГр, средняя накопленная доза составляла 307,5 мГр. Учитывая концепцию существования истинного порога для индукции ВПР, равного 100 мГр [22], в дальнейшем планируется анализ дозовой зависимости ВПР у детей от накопленной пре-концептивной материнской дозы.

Безусловно, помимо радиационного воздействия на родителей, в качестве тератогенных причин следует принимать во внимание множество различных экзо- и эндогенных факторов, включая данные о состоянии здоровья матери до зачатия ребенка, возрасте родителей при рождении ребенка, вредные привычки матери, сведения о течении беременности, сроки гестации и др. В научной среде поиски возможных тератогенных факторов и оценка их

воздействия на эмбрион продолжают. Так, С. Malagoli et al. [23] провели анализ воздействия магнитных полей; J.A. Makelarski et al. [24] описали повышенный риск развития анэнцефалии и энцефалоцеле в результате кумулятивного действия пестицидов; С.А. Snijder et al. [25] акцентировали внимание на риске врожденных пороков сердца в связи с прекоцептивным воздействием определенных химикатов на отца; G. Vermes et al. [26] рассматривали острые и хронические инфекционные заболевания матерей в качестве ведущих причин в развитии аномальных мальформаций.

С целью выявления нерадиационных тератогенных факторов в обеих группах детей был проведен анализ преморбидного фона, включая данные о гестационном возрасте, антропометрических параметрах новорожденных, акушерско-гинекологическом анамнезе и хронической патологии у матерей.

В группе потомков работниц ПО «Маяк» 195 детей (81,9 %) родились доношенными, в группе сравнения от доношенной беременности родились 756 детей (79,4 %,  $p > 0,05$ ); указания на недоношенность были у 8 (3,4 %) новорожденных основной группы и у 40 (4,2 %) новорожденных группы сравнения ( $p > 0,05$ ). Многоплодие в группе облученных матерей зафиксировано в 4 случаях (1,7 %), статистически значимо не различаясь с группой сравнения – 14 случаев (1,5 %). Нормально протекавшие роды описаны в 186 (78,2 %) наблюдениях в основной группе и 768 (80,7 %,  $p > 0,05$ ) в группе сравнения. Патологический характер родов и оперативные роды кесаревым сечением отмечены у 11 (4,6 %) детей основной группы и у 26 (2,7 %) в группе сравнения ( $p > 0,05$ ). Распределение по порядковому номеру беременности в исследуемых группах статистически значимо не различалось: в обеих группах отмечено преобладание первородящих матерей ( $p > 0,05$ ), повторные роды были у 79 (33,2 %) работниц ПО «Маяк» и у 283 (29,7 %) не облученных на производстве женщин,  $p > 0,05$ . Средний возраст матери при рождении ребенка в обеих группах составил 26,5 года. Антропометрические показатели у новорожденных обеих групп в целом статистически значимо не различались.

Анализ вредных привычек у работниц ПО «Маяк» показал, что доля курящих матерей составила всего 5,9 % (14 человек), подавляющее большинство женщин – 78,2 % (186) – отрицали табакокурение, для оставшихся 15,9 % (38) статус курения не был известен. Алкоголь не

употребляли совсем 58,4 % (139), 6,7 % (16) употребляли мало, 10,1 % (24) – умеренно, 3,4 % (8) – много, зарегистрировано 2 случая хронического алкоголизма (0,8 %), для оставшихся женщин сведений нет.

Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез в виде аборт, острой и хронической гинекологической патологии до зачатия ребенка был выявлен у 86 (36,1 %) матерей в основной группе потомков. Две женщины из основной группы потомков имели в анамнезе мертворождения, среди необлученных матерей описано 16 случаев мертворождений,  $p > 0,05$ . Согласно сведениям из амбулаторных карт матерей-работниц ПО «Маяк» хронические соматические заболевания, представленные чаще всего хронической патологией желудочно-кишечного тракта, бронхолегочными заболеваниями, хроническим тонзиллитом, отмечены у 123 (51,7 %) женщин.

С целью выявления латентных факторов, объясняющих соотношения между изучаемыми переменными, в основной группе детей был проведен факторный анализ методом главных компонент с вращением Varimax normalized (табл. 4).

В группе потомков матерей – персонала ПО «Маяк» – среди 15 характеристик выделено четыре комплексных независимых фактора. Общая доля объясненной дисперсии составила 62,5 %. Наиболее значимым был фактор, характеризующий прекоцептивное облучение матерей, вносящий самый большой вклад в дисперсию, – 21,5 %, при этом факторные нагрузки переменных «Доза на гонады», «Доза на толстый кишечник» и «Доза Нр (10)» были очень высокими (по 0,99).

Второй фактор, включающий в себя гестационный возраст ребенка, – наличие многоплодия и паритет родов (факторные нагрузки 0,85; 0,82 и 0,79 соответственно). Он составлял 17,1 % общей дисперсии. В третьем факторе наибольшую нагрузку несли переменные, характеризующие акушерский анамнез матери, число предыдущих беременностей и аборт, объясняя 12,9 % общей дисперсии. Наименьший вклад в дисперсию – 11,0 % – вносил фактор, характеризующий вредные привычки матерей – употребление алкоголя и курение (факторные нагрузки – 0,87 и 0,9). Р.М. Sullivan et al. [27], изучив 14 128 случаев врожденных пороков сердца в сравнении с 60 938 контрольными данными, предоставили доказательства того, что курение во время беременности является

Т а б л и ц а 4

## Результаты факторного анализа в основной группе детей

Factor Loadings (Varimax normalized) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)				
Переменные	Factor - 1	Factor - 2	Factor - 3	Factor - 4
Возраст матери при рождении ребенка	0,234932	-0,099351	0,604849	0,004919
Число предыдущих беременностей	-0,075804	-0,063024	<b>0,895051</b>	0,020828
Число предыдущих аборт	-0,045748	0,142250	<b>0,858895</b>	-0,022471
Гестационный возраст	0,038028	<b>0,850093</b>	0,087218	0,033758
Многоплодие	-0,035862	<b>0,821534</b>	0,096067	-0,069278
Паритет родов	-0,004183	<b>0,798718</b>	0,088540	0,046689
Жилищные условия семьи	0,028691	0,260954	0,346532	0,209597
Доза внешнего гамма-облучения <i>in utero</i>	0,320166	-0,211909	-0,277238	0,169278
Употребление алкоголя матерью	0,100919	0,026284	-0,044865	<b>0,876280</b>
Курение матери	0,095016	-0,009167	0,003251	<b>0,900915</b>
Доза на гонады*	<b>0,990472</b>	0,027625	0,059691	0,029901
Доза на толстый кишечник*	<b>0,990072</b>	0,025616	0,055103	0,024006
Доза Нр (10) *	<b>0,990920</b>	0,032839	0,059017	0,028047
Хронические соматические заболевания матери	0,018702	0,384251	-0,175641	-0,081635
Течение настоящей беременности	0,131938	0,095392	-0,115523	-0,193230
Expl.Var	3,149281	2,342627	2,182580	1,707441
Prp.Totl	0,209952	0,156175	0,145505	0,113829

П р и м е ч а н и е: \* – накопленные поглощенные дозы внешнего гамма-облучения матери.

фактором риска для определенных фенотипов врожденных пороков сердца.

Для сравнения факторный анализ с использованием тех же методик был проведен в группе детей необлученных матерей. В итоге в группе сравнения было извлечено два фактора с общей долей объясненной дисперсии 63,8 %. Первый фактор, включающий гестационный возраст ребенка, – наличие многоплодия и паритет родов, объяснял 38,4 % общей дисперсии (величины факторных нагрузок 0,86; 0,9 и 0,79 соответственно). Второй фактор был связан с паритетом беременностей и числом предыдущих аборт (факторные нагрузки 0,89 и 0,8 соответственно). Доля дисперсии, приходящейся на второй фактор, составила 25,4 %.

Интересно отметить, что в группе потомков работниц ПО «Маяк» после исключения переменных, описывающих прекоцептивное облучение матерей на производстве, факторное решение было аналогично таковому в группе сравнения: оставались значимыми вклады переменных, характеризующих акушерский анамнез матери и антенатальный период потомков, объясняя 61,8 % общей дисперсии. Таким образом, факторный анализ методом главных компонент позволил выявить латентные факторы, объясняющие связи между наблюдаемыми признаками в группе детей работниц ПО «Маяк».

**Выводы.** Проведенный нами ретроспективный анализ ВПР у 1190 детей до 15-летнего возраста, 238 из которых были потомками матерей, имевших накопленные прекоцептивные дозы внешнего гамма-облучения, показал:

1) отсутствие статистически значимых различий в частоте ВПР в целом и по нозологическим формам между группами; показатель ОШ в целом составил 0,86 (0,46–1,59), среди мальчиков – 0,88 (0,35–2,2), среди девочек – 0,84 (0,36–1,94);

2) отличия в структуре пороков развития: среди потомков облученных матерей преобладали ВПР нервной системы, органов дыхания (по 23,0 %) и ВПР костно-мышечной системы (15,3 % всех пороков); среди детей интактных родителей ведущими были ВПР костно-мышечной системы (23,3 %) и ВПР нервной системы (21,7 %);

3) отличия в структуре ВПР в зависимости от пола: среди мальчиков основной группы чаще регистрировались ВПР нервной системы и органов дыхания (по 33,3 %), в то время как у девочек – вклад ВПР нервной системы, органов дыхания, пищеварения, системы кровообращения, мочеполовой и костно-мышечной систем был равноценным (по 14,3 %);

4) хромосомной патологии в обеих группах не зарегистрировано;

5) ВПР диагностированы у детей, чьи матери имели накопленные прекоцептивные дозы внешнего гамма-облучения на гонады в диапазоне 1,9–1635,5 мГр, со средней дозой 307,5 мГр.

Факторный анализ в группе потомков работников атомного производства выделил четыре фактора, характеризующих прекоцептивное облучение матерей (21,5 % дисперсии), антенатальный период потомков (17,1 % дисперсии), акушерско-гинекологический анамнез (12,9 % дисперсии) и вредные привычки матерей – употребление алкоголя и курение (11,0 % дисперсии). После исключения переменных, характеризующих прекоцептивное облучение мате-

рей на производстве, факторное решение в сравниваемых группах значимо не различалось.

Многообразие повреждающих факторов, их изменчивость далеко не всегда позволяют составить четкое представление о том, что первично в этиологии ВПР [20, 28, 29], и подтвердить решающую роль родительского облучения в индукции ВПР. Увеличение группы потомков и периода наблюдения за ними позволит продолжить анализ отдаленных последствий родительского облучения на производстве, включая количественную оценку вклада прекоцептивного материнского облучения в риск ВПР у потомков.

### Список литературы

1. Изучение нестабильности генома потомков в семьях работников ПО «Маяк»: мини-сателлит СЕВ 1 / Г.Г. Русинова, И.В. Глазкова, Т.В. Азизова, С.В. Осовец, Н.С. Вязовская // Генетика. – 2014. – Т. 50, № 11. – С. 1354–1362.
2. Цитогенетические эффекты и возможности их трансгенерационной передачи в поколениях лиц, проживающих в регионах радионуклидного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС / Л.С. Балева, Т. Номура, А.Е. Сипягина, Н.М. Карахан, Е.Н. Якушева, Н.И. Егорова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2016. – Т. 61, № 3. – С. 87–94.
3. Sadetzki S., Flint-Richter P. Transgenerational effects of parental exposure to ionizing radiation // *Heredity*. – 2006. – Vol. 145, № 7. – P. 516–521.
4. Котеров А.Н., Бирюков А.П. Дети участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Сообщение 2. Частота отклонений и патологий и их связь с нерадиационными факторами // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2012. – Т. 57, № 2. – С. 51–77.
5. Otake M., Schull W.J., Neel J.V. Congenital Malformations, Stillbirths, and Early Mortality among the Children of Atomic Bomb Survivors: A Reanalysis // *Radiat. Res.* – 1990. – Vol. 122. – P. 1–11.
6. Radiation risk of individual multifactorial diseases in offspring of the atomic-bomb survivors: a clinical health study / Y. Tatsukawa, J.B. Cologne, W.L. Hsu, M. Yamada, W. Ohishi, A. Hida, K. Furukawa, N. Takahashi, N. Nakamura, A. Suyama, K. Ozasa, M. Akahoshi, S. Fujiwara, R. Shore // *J. Radiol. Prot.* – 2013. – Vol. 33, № 2. – P. 281–293.
7. Congenital anomalies in the children of cancer survivors: a report from the childhood cancer survivor study / L.B. Signorello, J.J. Mulvihill, D.M. Green, H.M. Munro, M. Stovall, R.E. Weathers, A.C. Mertens, J.A. Whitton, L.L. Robison, J.D. Boice // *J. Clin. Oncol.* – 2012. – Vol. 30, № 3. – P. 239–245.
8. Maternal exposure to radiographic exams and major structural birth defects / H. Lim, C.W. Beasley, L.W. Whitehead, R.J. Emery, A.J. Agopian, P.H. Langlois, D.K. Waller // *Birth. Defects. Res. A Clin. Mol. Teratol.* – 2016. – Vol. 106, № 7. – P. 563–572.
9. Врожденные пороки развития у детей персонала Смоленской АЭС и их связь с профессиональным облучением отцов / В.А. Осипов, А.М. Лягинская, И.М. Петоян, А.П. Ермалицкий, Н.М. Карелина // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2014. – Т. 59, № 4. – С. 18–24.
10. Maternal occupational exposure to ionizing radiation and major structural birth defects / H. Lim, A.J. Agopian, L.W. Whitehead, C.W. Beasley, P.H. Langlois, R.J. Emery, D.K. Waller // *Birth. Defects. Res. A Clin. Mol. Teratol.* – 2015. – Vol. 103, № 4. – P. 243–254.
11. Risk of congenital anomalies in children of parents occupationally exposed to low level ionising radiation / L.M. Green, L. Dodds, A.B. Miller, D.J. Tomkins, J. Li, M. Escobar // *Occup. Environ. Med.* – 1997. – Vol. 54, № 9. – P. 629–635.
12. Wiesel A., Stolz G., Queisser-Wahrendorf A. Evidence for a teratogenic risk in the offspring of health personnel exposed to ionizing radiation?! // *Birth. Defects. Res. A Clin. Mol. Teratol.* – 2016. – Vol. 106, № 6. – P. 475–479.
13. Характеристика когорты рабочих атомного предприятия ПО «Маяк» (часть II) / Н.А. Кошурникова, Н.С. Шильникова, П.В. Окотенко, В.В. Креслов, М.Г. Болотникова, М.Э. Сокольников, С.А. Романов, В.Ф. Хохряков, К.Г. Суслова, Е.К. Василенко // Вопросы радиационной безопасности. – 1998. – № 3. – С. 48–58.

14. Регистр здоровья детского населения г. Озёрска: результаты разработки, принципы ведения, возможности и перспективы / С.Ф. Соснина, Н.Р. Кабирова, П.В. Окатенко, С.А. Рогачева, Ю.В. Царева, Е.А. Груздева, М.Э. Сокольников // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т. 61, № 3. – С. 95–103.
15. Василенко Е.К. Дозиметрия внешнего облучения работников ПО «Маяк»: приборы, методы, результаты // Источники и эффекты облучения работников ПО «Маяк» и населения, проживающего в зоне влияния предприятия / под ред. М.Ф. Киселева, С.А. Романова. – Челябинск: Челябинский дом печати, 2009. – Ч. 1. – С. 51–100.
16. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. Десятый пересмотр. – М.: Медицина, 1995. – Т. 1 (часть 2). – 633 с.
17. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «Statistica». – Н. Новгород, 2007. – 112 с.
18. Частота пороков головного мозга у новорожденных / Е.И. Доманин, Д.К. Волосников, Н.В. Масленникова, Л.Б. Богданова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2000. – Т. 45, № 2. – С. 28–31.
19. Poretti A., Huisman T.A.G.M., Boltshauser E. Congenital brain abnormalities: an update on malformations of cortical development and infratentorial malformations // Seminars in Neurology. – 2014. – Vol. 34, № 3. – P. 239–248.
20. Байбарина Е.Н., Сорокина З.Х., Коган Е.А. Анализ факторов, определяющих различия перинатальных потерь при врожденных аномалиях развития в регионах Российской Федерации (по данным государственной и ведомственной статистики) // Вопросы современной педиатрии. – 2012. – Т. 11, № 5. – С. 7–11.
21. Демикова Н.С., Лапина А.С. Врожденные пороки развития в регионах Российской Федерации (итоги мониторинга за 2000–2010 гг.) // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2012. – Т. 57, № 2. – С. 91–98.
22. Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / под общей ред. М.Ф. Киселева, Н.К. Шандалы. – М.: ООО ПКФ «Алана», 2009. – 344 с.
23. Maternal exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and the risk of birth defects / C. Malagoli, C.M. Crespi, R. Rodolfi, C. Signorelli, M. Poli, P. Zanichelli, S. Fabbi, S. Teggi, L. Garavelli, G. Astolfi, E. Calzolari, C. Lucenti, M. Vinceti // Bioelectromagnetics. – 2012. – Vol. 33, № 5. – P. 405–409.
24. Maternal periconceptional occupational pesticide exposure and neural tube defects / J.A. Makelarski, P.A. Romitti, C.M. Rocheleau, T.L. Burns, P.A. Stewart, M.A. Waters, C.C. Lawson, E.M. Bell, S. Lin, G.M. Shaw, R.S. Olney // Birth Defects Res. A Clin. Mol. Teratol. – 2014. – Vol. 100, № 11. – P. 877–886.
25. Congenital heart defects and parental occupational exposure to chemicals / C.A. Snijder, I.J. Vlot, A. Burdorf, S.A. Obermann-Borst, W.A. Helbing, M.F. Wildhagen, E.A. Steegers, R.P. Steegers-Theunissen // Hum. Reprod. – 2012. – Vol. 27, № 5. – P. 1510–1517.
26. Maternal factors in the origin of isolated anorectal malformations – a population-based case-control study / G. Vermes, D. Laszlo, A. Matrai, A.E. Czeizel, N. Acs // J. Matern. Fetal. Neonatal. Med. – 2016. – Vol. 29, № 14. – P. 2316–2321.
27. Risk of congenital heart defects in the offspring of smoking mothers: a population-based study / P.M. Sullivan, L.A. Dervan, S. Reiger, S. Buddhe, S.M. Schwartz // J. Pediatr. – 2015. – Vol. 166, № 4. – P. 978–984.
28. Нимгирова А.С., Набережная Ж.Б., Сердюков А.Г. Факторы развития врожденных пороков у детей // Здоровье и образование в XXI веке: журнал научных статей. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 205–208.
29. Risk Factors for Birth Defects / B.S. Harris, K.C. Bishop, H.R. Kemeny, J.S. Walker, E. Rhee, J.A. Kuller // Obstet. Gynecol. Surv. – 2017. – Vol. 72, № 2. – P. 123–135.

*Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Последствия материнского облучения: риск врожденных пороков развития у детей // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 47–58. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.06*

## CONSEQUENCES WHICH MOTHERS' IRRADIATION HAS: RISKS OF CHILDREN'S CONGENITAL MALFORMATIONS

S.F. Sosnina, P.V. Okatenko

Southern Urals Biophysics Institute of Federal Medical-Biological Agency, 19 Ozerskoe shosse, Ozersk, 456780, Russian Federation

*It is vital to examine radiation-induced effects in children whose parents were exposed to radiation at their workplaces as it allows to work out standards for technogenic irradiation doses permissible for people in their reproductive age. It also helps to predict adverse consequences of parents being exposed to radiation for their children. Our goal was to analyze congenital malformations (CM) in children whose mothers were employed at "Mayak" Production Association (Mayak PA) and had accumulated pre-conception external gamma-radiation doses. Retrospective examination was performed on 1,190 people born in 1949–1969, 238 of them being children of female workers employed at radiation-hazardous production. We achieved maximum comparability of groups made of children population living in Ozersk in terms of age, birth year, and parents' age at a childbirth, via careful sampling. CM frequency was compared with  $\chi^2$  criterion, Fisher's exact criterion. We calculated odds relations (OR) with 95% confidence interval. To detect any latent factors, we applied factor analysis via principal components method with consequent Varimax normalized rotation. Gonads in female workers employed at Mayak PA were exposed to external gamma-radiation doses within 0.09–3523.7 mGy range; average accumulated dose was equal to  $373.6 \pm 34.2$  mGy. Each tenth child in a group of children born by irradiated mothers was born by a mother who had an accumulated pre-conception external gamma-radiation dose on her gonads which was higher than 1 Gy. CM comparative analysis revealed that there were no statistically significant differences between groups in terms of CM frequency in general and as per various nosologic forms. OR in general was equal to 0.86 (0.46–1.59); 0.88 (0.35–2.2) among boys; 0.84 (0.36–1.94) among girls. We also detected difference in CM structure: CM of the nervous system, respiratory organs (23 % each), and the musculoskeletal system CM (15.3 % among all the malformations) prevailed among all the CM in children born by irradiated mothers; CM of the musculoskeletal system (23.3 %) and the nervous system (21.7 %) were most widely spread among children born by intact parents. We also noted there were gender discrepancies in the CM structure in the compared groups. We didn't register any chromosome pathologies in both groups. CM were diagnosed in those children born by those irradiated mothers whose gonads were exposed to accumulated pre-conception external gamma-radiation doses within 1.9–1635.5 mGy, with average dose being equal to 307.5 mGy. Factor analysis performed on children born by female workers employed at atomic production revealed four factors which characterized pre-conception mothers' irradiation (21.5 % dispersion), antenatal children's period (17.1 % dispersion), obstetrician-gynecological case history (12.9 % dispersion), and mothers' bad habits, namely alcohol intake and smoking (11 %) dispersion. Given all the detected peculiarities, it is highly advisory to continue research on larger children's groups and longer observations periods.*

**Key words:** congenital malformations, children, radiation exposure, pre-conception irradiation, reproductive age, odds relation, factor analysis.

### References

1. Rusinova G.G., Glazkova I.V., Azizova T.V., Osovets S.V., Vyazovskaya N.S. Izuchenie nestabil'nosti gena potomkov v sem'yakh rabotnikov PO «Mayak»: Minisatellit SEV 1 [Analysis of genome instability in offspring of Mayak workers' families: Minisatellite CEB]. *Genetika*, 2014, vol. 50, no. 11, pp. 1354–1362 (in Russian).
2. Baleva L.S., Nomura T., Sipiagina A.E., Karakhan N.M., Iakusheva E.N., Egorova N.I. Tsitogeneticheskie efekty i vozmozhnosti ikh transgeneratsionnoi peredachi v pokoleniyakh lits, prozhivayushchikh v regionakh radionuklidnogo zagriazneniya posle avarii na Chernobyl'skoi AES [Cytogenetic effects and possibilities of their transgenerational transfer in the generations of persons living in radionuclide polluted areas after the Chernobyl accident]. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii*, 2016, vol. 61, no. 3, pp. 87–94 (in Russian).
3. Sadetzki S., Flint-Richter P. Transgenerational effects of parental exposure to ionizing radiation. *Harefuah*, 2006, vol. 145, no 7, pp. 516–521.

© Sosnina S.F., Okatenko P.V., 2018

**Svetlana F. Sosnina** – Candidate of Medical Sciences, Researcher at Radiation Epidemiology Laboratory (e-mail: sosnina@subi.su; tel.: +7 (351) 307-66-27).

**Pavel V. Okatenko** – Head of Computer and Software Support Group, Radiation Epidemiology Laboratory (e-mail: okatenko@subi.su; tel.: +7 (351) 307-69-03).



4. Koterov A.N., Biryukov A.P. Deti uchastnikov likvidatsii posledstviy avarii na Chernobyl'skoi atomnoi elektrostantsii. Soobshchenie 2. Chastota otklonenii i patologii i ikh svyaz' s neradiatsionnymi faktorami [The Offspring of Liquidators of Chernobyl Atomic Power Station Accident 2. The Frequency of Anomalies and Pathologies and its Connection to Non-Radiation Factors]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*. 2012, vol. 57, no. 2, pp. 51–77 (in Russian).
5. Otake M., Schull W.J., Neel J.V. Congenital Malformations, Stillbirths, and Early Mortality among the Children of Atomic Bomb Survivors: A Reanalysis. *Radiat. Res.*, 1990, vol. 122, pp. 1–11.
6. Tatsukawa Y., Cologne J.B., Hsu W.L., Yamada M., Ohishi W., Hida A., Furukawa K., Takahashi N., Nakamura N., Suyama A., Ozasa K., Akahoshi M., Fujiwara S., Shore R. Radiation risk of individual multifactorial diseases in offspring of the atomic-bomb survivors: a clinical health study. *J. Radiol. Prot.*, 2013, vol. 33, no. 2, pp. 281–293.
7. Signorello L.B., Mulvihill J.J., Green D.M., Munro H.M., Stovall M., Weathers R.E., Mertens A.C., Whitton J.A., Robison L.L., Boice J.D. Congenital anomalies in the children of cancer survivors: a report from the childhood cancer survivor study. *J. Clin. Oncol.*, 2012, vol. 30, no. 3, pp. 239–245.
8. Lim H., Beasley C.W., Whitehead L.W., Emery R.J., Agopian A.J., Langlois P.H., Waller D.K. Maternal exposure to radiographic exams and major structural birth defects. *Birth Defects Res. A Clin. Mol. Teratol.*, 2016, vol. 106, no. 7, pp. 563–572.
9. Osipov V.A., Lyaginskaya A.M., Petoyan I.M., Ermalitskii A.P., Karelina N.M. Vrozhdennye poroki razvitiya u detei personala Smolenskoi AES i ikh svyaz' s professional'nym oblucheniem ottsov [Innate Development Defects in Children of Smolensk NPP Personnel and their Connection with the Occupational Exposure to the Fathers]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*, 2014, vol. 59, no. 4, pp. 18–24 (in Russian).
10. Lim H., Agopian A.J., Whitehead L.W., Beasley C.W., Langlois P.H., Emery R.J., Waller D.K. Maternal occupational exposure to ionizing radiation and major structural birth defects. *Birth Defects Res. A Clin. Mol. Teratol.*, 2015, vol. 103, no. 4, pp. 243–254.
11. Green L.M., Dodds L., Miller A.B., Tomkins D.J., Li J., Escobar M. Risk of congenital anomalies in children of parents occupationally exposed to low level ionising radiation. *Occup. Environ. Med.*, 1997, vol. 54, no. 9, pp. 629–635.
12. Wiesel A., Stolz G., Queisser-Wahrendorf A. Evidence for a teratogenic risk in the offspring of health personnel exposed to ionizing radiation? *Birth Defects Res. A Clin. Mol. Teratol.*, 2016, vol. 106, no. 6, pp. 475–479.
13. Koshurnikova N.A., Shil'nikova N.S., Okatenko P.V., Kreslov V.V., Bolotnikova M.G., Sokol'nikov M.E., Romanov S.A., Khokhryakov V.F., Suslova K.G., Vasilenko E.K. Kharakteristika kogorty rabochikh atomnogo predpriyatiya PO «Mayak» (chast' II) [Description of the Cohort of the Nuclear Industry Enterprise «Mayak» PA (Part II)]. *Voprosy radiatsionnoi bezopasnosti*, 1998, no. 3, pp. 48–58 (in Russian).
14. Sosnina S.F., Kabirova N.R., Okatenko P.V., Rogacheva S.A., Tsareva Yu.V., Gruzdeva E.A., Sokol'nikov M.E. Registr zdorov'ya detskogo naseleniya g. Ozerska: rezul'taty razrabotki, printsipy vedeniya, vozmozhnosti i perspektivy [Ozyorsk children's health registry: development results, management guidelines, potential and prospects]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*, 2017, vol. 61, no. 3, pp. 95–103 (in Russian).
15. Vasilenko E.K. Dozimetriya vneshnego oblucheniya rabotnikov PO «Mayak»: pribory, metody, rezul'taty [The sources and the effects of exposure of PA «Mayak» workers and the population living in the zone of the enterprise influence]. *Istochniki i efekty oblucheniya rabotnikov PO «Mayak» i naseleniya, prozhivayushchego v zone vliyaniya predpriyatiya* [Sources and effects of irradiation exerted on workers employed at "Mayak" Production Association and population living in a zone influenced by it]. In: M.F. Kiselev, S.A. Romanov, eds. Chelyabinsk, Chelyabinskii dom pečati Publ., 2009, part 1, pp. 51–100 (in Russian).
16. Mezhdunarodnaya statisticheskaya klassifikatsiya boleznei i problem, svyazannykh so zdorov'em. Desyatyi peresmotr, tom 1 (chast' 2) [International Diseases Classification. Tenth Revision, volume 1 (part 2)]. Moscow, Medicina Publ., 1995, 633 p. (in Russian).
17. Bureeva N.N. Mnogomernyi statisticheskii analiz s ispol'zovaniem PPP «Statistica» [The multivariate statistical analysis using the software package "Statistica"]. Nizhnii Novgorod, 2007, 112 p. (in Russian).
18. Domanin E.I., Volosnikov D.K., Maslennikova N.V., Bogdanova L.B. Chastota porokov golovnogo mozga u novorozhdennykh [The frequency of brain malformations in newborns]. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii*, 2000, vol. 45, no. 2, pp. 28–31 (in Russian).
19. Poretti A., Huisman T.A.G.M., Boltshauser E. Congenital brain abnormalities: an update on malformations of cortical development and infratentorial malformations. *Seminars in Neurology*, 2014, vol. 34, no. 3, pp. 239–248.
20. Baibarina E.N., Sorokina Z.Kh., Kogan E.A. Analiz faktorov, opredelyayushchikh razlichiya perinatal'nykh poter' pri vrozhdennykh anomal'yakh razvitiya v regionakh Rossiiskoi Federatsii (po dannym gosudarstvennoi i vedomstvennoi statistiki) [The analysis of the factors defining distinctions of perinatal losses at congenital anomalies of development in regions of the Russian Federation (according to the state and departmental statistics)]. *Voprosy sovremennoi pediatrii*, 2012, vol. 11, no. 5, pp. 7–11 (in Russian).

21. Demikova N.S., Lapina A.S. Vrozhdennye poroki razvitiya v regionakh Rossiiskoi Federatsii (itogi monitoringa za 2000–2010 gg.) [Congenital malformations in the regions of the Russian Federation: Results of monitoring results for 2000–2010]. *Rossiiskij vestnik perinatologii i pediatrii*, 2012, vol. 57, no. 2, pp. 91–98 (in Russian).
22. Publikatsiya 103 Mezhdunarodnoi Komissii po radiatsionnoi zashchite (MKRZ) [Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103]. In: M.F. Kiselev, N.K. Shandala, eds. – Moscow, OOO PKF «Alana» Publ., 2009, 344 p. (in Russian).
23. Malagoli C., Crespi C.M., Rodolfi R., Signorelli C., Poli M., Zanichelli P., Fabbi S., Teggi S., Garavelli L., Astolfi G., Calzolari E., Lucenti C., Vinceti M. Maternal exposure to magnetic fields from high-voltage power lines and the risk of birth defects. *Bioelectromagnetics*, 2012, vol. 33, no. 5, pp. 405–409.
24. Makelarski J.A., Romitti P.A., Rocheleau C.M., Burns T.L., Stewart P.A., Waters M.A., Lawson C.C., Bell E.M., Lin S., Shaw G.M., Olney R.S. Maternal periconceptional occupational pesticide exposure and neural tube defects. *Birth. Defects. Res. A Clin. Mol. Teratol.*, 2014, vol. 100, no. 11, pp. 877–886.
25. Snijder C.A., Vlot I.J., Burdorf A., Obermann-Borst S.A., Helbing W.A., Wildhagen M.F., Steegers E.A., Steegers-Theunissen R.P. Congenital heart defects and parental occupational exposure to chemicals. *Hum. Reprod.*, 2012, vol. 27, no. 5, pp. 1510–1517.
26. Vermes G., Laszlo D., Matrai A., Czeizel A.E., Acs N. Maternal factors in the origin of isolated anorectal malformations – a population-based case-control study. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.*, 2016, vol. 29, no. 14, pp. 2316–2321.
27. Sullivan P.M., Dervan L.A., Reiger S., Buddhe S., Schwartz S.M. Risk of congenital heart defects in the offspring of smoking mothers: a population-based study. *J. Pediatr*, 2015, vol. 166, no. 4, pp. 978–984.
28. Nimgirova A.S., Naberezhnaya Zh.B., Serdyukov A.G. Faktory razvitiya vrozhdennykh porokov u detei [Factors of congenital malformations in children]. *Zhurnal nauchnykh statei «Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke»*, 2016, vol. 18, no. 1, pp. 205–208 (in Russian).
29. Harris B.S., Bishop K.C., Kemeny H.R., Walker J.S., Rhee E., Kuller J.A. Risk Factors for Birth Defects. *Obstet. Gynecol. Surv.*, 2017, vol. 72, no. 2, pp. 123–135.

*Sosnina S.F., Okatenko P.V. Consequences which mothers' irradiation has: risks of children's congenital malformations. Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 47–58. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.06.eng

Получена: 31.01.2018  
Принята: 16.03.2018  
Опубликована: 30.03.2018

УДК 613.6.02

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.07

## ОЦЕНКА СПЕЦИФИКИ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ СОТРУДНИКОВ АККРЕДИТОВАННОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЦЕНТРА В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

И.Г. Ненахов, Ю.И. Стёпкин, И.А. Якимова

Воронежский государственный университет им. Н.Н. Бурденко, Россия, 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10

*Исследование проводилось с привлечением 90 сотрудников аккредитованного испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». Цель работы состояла в оценке особенностей сенсомоторных реакций сотрудников лабораторий гигиенического и эпидемиологического профилей по показателям простой и сложной зрительно-моторной реакции. Для исследования зрительно-моторных реакций использовалось программное обеспечение Effecton Studio, пакет «Ягуар. Восприятие. Реакции. Исследование точностных, скоростных качеств и работоспособности человека» и методика авторов Maslach и Jackson, дополненная математической моделью Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева для оценки риска профессионального выгорания. В работе определена динамика развития утомления в течение рабочей недели и вклад каждого рабочего дня в структуру утомления сотрудников аккредитованного испытательного лабораторного центра. Изучены особенности профессионального выгорания у работающих в лабораторном центре по показателям эмоционального истощения, деперсонализации и редукции профессионализма; рассчитан интегральный индекс выгорания сотрудников. Отмечены риски здоровью персонала аккредитованного испытательного центра, обусловленные эмоциональным выгоранием сотрудников. Определены причинно-следственные связи между функциональным состоянием центральной нервной системы сотрудников и эмоциональным выгоранием. На основе полученных данных предложены профилактические мероприятия, направленные на оптимизацию условий труда сотрудников аккредитованного испытательного лабораторного центра и профилактику профессионального выгорания. Проведенное исследование дополняет и расширяет научное направление в гигиене труда в части изучения и профилактики утомления сотрудников на рабочих местах.*

**Ключевые слова:** эмоциональное истощение, профессиональное выгорание, деперсонализация, редукция профессионализма, зрительно-моторная реакция, оптимизация условий труда.

Лабораторная деятельность с повышенным напряжением труда требует осуществления профилактических мероприятий, направленных на предупреждение профессиональной заболеваемости. В процесс работы лаборанта любого испытательного центра, главным образом, вовлечена нервная система, при этом его работу ухудшают искусственные и естественные стимулы зрительного анализатора, что приводит к замедлению моторных реакций [1–4]. При проведении научного исследования изучались простая и сложная зрительно-моторные реакции (ПЗМР и СЗМР) у сотрудников аккредитованного испытательного лабораторного центра (АИЛЦ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиоло-

гии в Воронежской области». Оценка ПЗМР и СЗМР определяет реакцию центральной нервной системы (ЦНС) [5, 6]. Исследование как простой, так и сложной зрительно-моторной реакции позволяет выявить среди сотрудников лабораторного центра людей с напряженной ЦНС (возбуждение, торможение), которое влечет развитие синдрома профессионального выгорания [7, 8]. Рисками для здоровья в результате развития профессионального выгорания становятся проявления нескольких симптоматических групп: 1) физические проявления со стороны организма (хроническая усталость, снижение иммунного статуса организма, что ведет к кризам в профессиональной деятельно-

© Ненахов И.Г., Стёпкин Ю.И., Якимова И.А., 2018

**Ненахов Иван Геннадьевич** – аспирант кафедры гигиенических дисциплин (e-mail: rayhd@yandex.ru; тел.: 8 (920) 427-02-40).

**Стёпкин Юрий Иванович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой гигиенических дисциплин (e-mail: san@sanep.vrn.ru; тел.: 8 (473) 263-52-41).

**Якимова Ирина Александровна** – студент V курса медико-профилактического факультета (e-mail: yakimova.irene@yandex.ru; тел.: 8 (903) 852-37-71).

сти, истощению организма); 2) группа социально-поведенческих признаков, проявляющая в раздраженности, «синдроме переключения ответственности»; 3) группа психоэмоциональных проявлений, характеризующаяся потерей мотивации к профессиональной деятельности и снижением работоспособности сотрудников лабораторного центра [7, 9, 10]. Установление рисков развития профессионального выгорания и проведение своевременных профилактических мероприятий поможет предотвратить развитие заболеваний, вызванных перенапряжением нервной системы, как следствия эмоционального перенапряжения [10–12].

**Цель работы** – оценить особенности сенсомоторных реакций сотрудников АИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» в процессе профессиональной деятельности.

#### **Задачи:**

1. Исследовать особенности сенсомоторных реакций сотрудников лабораторного центра.
2. Определить риски возникновения синдрома профессионального выгорания как фактора, влияющего на здоровье персонала в зависимости от характера деятельности специалистов.
3. Установить причинно-следственные связи между функциональным состоянием ЦНС и профессиональной выгораемостью сотрудников АИЛЦ.
4. Разработать и предложить профилактические мероприятия по снижению риска здоровья путем предупреждения профессионального выгорания и оптимизации условий труда сотрудников лабораторного центра.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлись сотрудники АИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», в структуру которого входит 11 лабораторий. Количество сотрудников, входящих в исследование, составило 90 человек в возрасте от 23 до 65 лет.

Для проведения исследования сотрудники лабораторного центра были распределены по двум основным группам: гигиенического и эпидемиологического профилей. К лабораториям гигиенического профиля отнесены: лаборатория профилактической токсикологии (ЛПТ), лаборатория физико-химических исследований (ЛФХИ), лаборатория гигиены питания (ЛГП), лаборатория контроля воздушной среды (ЛКВС), лаборатория коммунальной гигиены (ЛКГ), лаборатория контроля физических факторов (ЛКФФ), радиационная

лаборатория (РЛ). В группу лабораторий эпидемиологического профиля включены: бактериологическая лаборатория (БЛ), лаборатория особо опасных инфекций (ЛООИ), вирусологическая (ВЛ) и паразитологическая лаборатории (ПЛ).

С целью прогноза работоспособности сотрудников лабораторий применялась оценка функционального состояния ЦНС – простая и сложная зрительно-моторная реакция [4]. Установление закономерностей динамики зрительно-моторных реакций осуществлялось путем анализа изменений времени реакций (ВР):

$$TP = T_{mn} + T_{np} + TД,$$

где TP – время реакции;  $T_{mn}$  – время сенсорно-перцептивного процесса;  $T_{np}$  – время оценки и принятия решения и TД – время двигательного ответа [5, 13].

В работе использовалось лицензионное программное обеспечение Effecton Studio с пакетом «Ягуар. Восприятие. Реакции. Исследование точностных, скоростных качеств и работоспособности человека». Использование данного программного обеспечения позволило определить среднее время реакции испытуемого на заранее известный простой раздражитель зрительного анализатора: испытуемый должен был нажать на кнопку компьютера при изменении цвета элемента на экране. При исследовании сложной зрительно-моторной реакции измерялось среднее время реакции испытуемого на сложный раздражитель зрительного анализатора: испытуемый должен был нажать кнопку при появлении определенного цвета на экране персонального компьютера. Каждое действие измерялось в миллисекундах. Учитывалось время прохождения каждого теста и число неверных попыток сотрудника в процессе испытания. Минимальное отвлечение от профессиональной деятельности для сотрудника составило 5 минут. Исследование проводилось в течение рабочей недели, что позволило определить динамику утомляемости по дням недели и определить вклад каждого рабочего дня в утомляемость сотрудников.

Для оценки риска возникновения синдрома профессионального выгорания была выбрана методика авторов Maslach и Jackson, под редакцией Водопьяновой и дополненная математической моделью Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева [14]. Анкетные бланки разработаны в соответствии

с методикой диагностики профессионального выгорания. Минимальное отвлечение от профессиональной деятельности составило 3 минуты. Респондентам предлагалось 22 вопроса, связанных с трудовой деятельностью. Ответы варьировались от «никогда» (0 баллов) до «ежедневно» (6 баллов). В соответствии с полученными результатами подсчитывалась сумма баллов для следующих субфакторов: эмоциональное истощение, деперсонализация и редукция профессиональных достижений. Эмоциональное истощение – результат сниженного эмоционального тонуса с проявлением аффективной лабильности психики. Проявляется не только чувством пресыщения профессиональной деятельностью, но и неудовлетворенностью собственной жизнью. Данный показатель напрямую влияет на взаимоотношения внутри коллектива. Деперсонализация – эффект отстраненности от происходящих событий. Частым проявлением является цинизм и навешивание «профессиональных ярлыков» на других сотрудников коллектива. Редукция профессиональных достижений – показатель степени восприятия респондентом себя как профессионала. В случае снижения данного показателя наблюдается неудовлетворенность рабочим процессом, снижение профессиональной мотивации.

Благодаря математической модели Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева, дополняющей данную методику, был рассчитан интегральный показатель профессионального выгорания [14]:

$$\text{ИПВ} = \sqrt{(\text{ЭИ} - \text{ЭИ}(x)/54)^2 + (\text{ДП} - \text{ДП}(x)/30)^2 + (1 - \text{РПД}(x)/48)^2} / 3,$$

где ЭИ = 0, ДП = 0 и РПД = 48 – идеальные показатели синдрома выгорания по тесту Maslach и Jackson, а ЭИ(x), ДП(x) и РПД(x) – показатели испытуемого по соответствующим шкалам теста Maslach и Jackson. Итоговое значение варьируется от 0 до 1, где «0» – нет профессионального выгорания, а «1» – максимальное проявление профессионального выгорания.

На основании интегрального показателя синдрома выгорания были определены риски здоровью персонала лабораторного звена Роспотребнадзора. Допустимый уровень риска определялся по значению ИПВ от 0 до 0,6. Недопустимый уровень риска определялся при значении ИПВ > 0,6.

Расчет корреляционных связей осуществлялся с использованием лицензионного пакета Microsoft Office Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Показатели времени простой и сложной зрительно-моторных реакций, времени прохождения каждого теста, а также ошибочных реакций испытуемых различны в лабораториях разных профилей. Среднее время простой зрительно-моторной реакции в лабораториях гигиенического профиля составило  $483 \pm 24$  мс, тогда как в лабораториях эпидемиологического профиля –  $457 \pm 23$  мс. Время СЗМР также различается: в лабораториях гигиенического профиля среднее время сложной зрительно-моторной реакции составило  $484 \pm 24$  мс, а в лабораториях эпидемиологического профиля –  $445 \pm 22$  мс. Усредненное число неверных реакций чаще встречается в лабораториях гигиенического профиля –  $1,5 \pm 0,1$ ;  $1,4 \pm 0,1$ . При сравнении затраченного времени на прохождение теста установлено, что сотрудники гигиенического профиля затрачивают на тесты на одну секунду больше времени, чем сотрудники лабораторий эпидемиологического профиля (таблица).

Динамика показателей времени ПЗМР и СЗМР в течение рабочей недели также отличалась в зависимости от профиля лабораторий.

В лабораториях эпидемиологического профиля максимальное время ПЗМР наблюдалось в понедельник. Максимальная работоспособность отмечалась в четверг ( $445 \pm 22$  мс), а к пятнице наступало утомление.

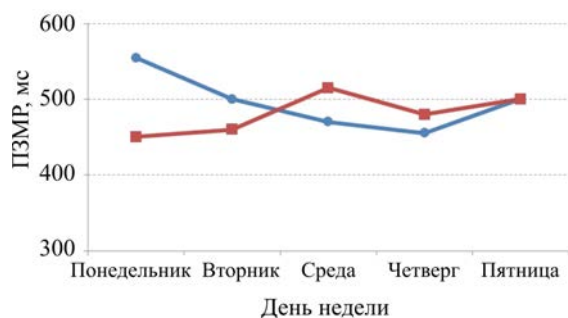
Показатели функционального состояния ЦНС в лабораториях разного профиля АИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»

Показатель	Лаборатории гигиенического профиля	Лаборатории эпидемиологического профиля
Простая зрительно-моторная реакция		
Среднее значение ПЗМР, мс	$483 \pm 24$	$457 \pm 23$
Время прохождения теста, с	$51 \pm 3$	$50 \pm 3$
Сложная зрительно-моторная реакция		
Среднее значение СЗМР, мс	$484 \pm 24$	$445 \pm 22$
Время прохождения теста, с	$157 \pm 8$	$156 \pm 8$
Число неверных реакций	$1,5 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$

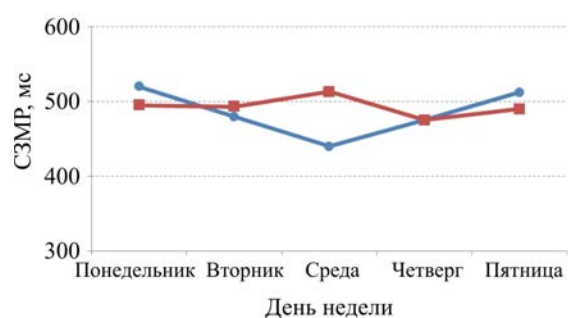
В лабораториях гигиенического профиля отмечалась другая ситуация – утомление нарастало к середине недели. Так, в среду показатель времени ПЗМР в лабораториях гигиенического профиля составил  $520 \pm 26$  мс, а в лабораториях эпидемиологического профиля –  $460 \pm 23$  мс. К пятнице в лабораториях обоих профилей показатель сравнивается и составляет  $514 \pm 26$  мс, что свидетельствует о наступившем утомлении в конце рабочей недели (рисунок).

Разница между величиной времени простой и сложной зрительно-моторной реакции называется «центральной задержкой», в которой выделяют этап переработки информации о стимуле в ЦНС и этап принятия решения о способе реагирования на стимул. Оба этих этапа в значительной степени зависят от функционального состояния ЦНС. При изучении показателей времени сложной зрительно-моторной реакции различие между лабораториями различных профилей сохранялось. Так, наибольшие значения показатель СЗМР принимал в понедельник и пятницу в лабораториях эпидемиологического профиля –  $528 \pm 26$  и  $524 \pm 26$  мс соответственно, в среду и пятницу в лабораториях гигиенического профиля –  $520 \pm 26$  и  $479 \pm 24$  мс. Самый высокий показатель функционального состояния ЦНС отмечался в среду в лабораториях эпидемиологического профиля и составил  $431 \pm 21$  мс. В лабораториях гигиенического профиля данный показатель принимал самое высокое значение в четверг (после снижения в среду) и составил  $449 \pm 22$  мс. Это свидетельствует о развитии утомления в начале рабочей недели в результате ослабления основных нервных процессов в коре головного мозга. Механизм проявляется формированием очага возбуждения – доминанты, определяющей готовность к рабочей деятельности и поддерживающей организм в рабочем состоянии, с последующим развитием охранительного торможения, что может стать причиной истощения нервной системы человека и развития стресса [15, 16]. Постоянный стресс ведет к истощению организма и эмоциональному выгоранию, что в дальнейшем формирует развитие профессионального выгорания [7, 14].

Полученные данные свидетельствуют о развитии утомления и повышенном напряжении ЦНС не только к концу рабочей недели, но и в другие дни. Вклад среды в развитие утомления персонала лабораторий гигиенического профиля составил 21,5 %.



а



б

Рис. Динамика показателей в течение рабочей недели: а – ПЗМР; б – СЗМР

При использовании методики Maslach и Jackson, под редакцией Водопьяновой, дополненной математической моделью Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева, получены результаты, свидетельствующие о наличии профессионального выгорания в лабораториях как гигиенического, так и эпидемиологического профилей. Эмоциональное истощение наблюдалось у 16 % респондентов всего лабораторного центра. Повышенный уровень цинизма, определяющий деперсонализацию, наблюдался у большей части респондентов АИЛЦ (58 % опрошенных). Редукция профессионализма наблюдалась у 27 человек, что составило 30 % коллектива. При расчете интегрального показателя индекса выгорания получены следующие результаты:

- лаборатории гигиенического профиля –  $0,37 \pm 0,01$ ;
- лаборатории эпидемиологического профиля –  $0,35 \pm 0,01$ .

При расчете коэффициента корреляции между скоростью ПЗМР и СЗМР и интегральным показателем выгорания (ИПВ) получен

результат  $r = 0,71$  и  $r = 0,70$  соответственно, что свидетельствует о сильной причинно-следственной связи с вероятностью статистической ошибки менее 5 % ( $p < 0,05$ ).

**Выводы.** Сотрудники лабораторий гигиенического профиля в течение рабочей недели подвергаются большему эмоциональному напряжению, чем сотрудники эпидемиологического профиля. Вклад среды в развитие утомления сотрудников обоих профилей составляет 21 %.

В лабораториях гигиенического и эпидемиологического профилей риск развития профессионального выгорания допустимый, однако показатель интегрального выгорания в лабораториях, занимающихся гигиеническими исследованиями, выше, чем в лабораториях эпидемиологического профиля, что свидетельствует о более высоком риске характера их профессиональной деятельности.

Коэффициенты корреляции между скоростью ПЗМР и СЗМР и интегральным показателем выгорания (ИПВ) составили  $r = 0,71$

и  $r = 0,70$  соответственно, что свидетельствует о сильной причинно-следственной связи между ними ( $p < 0,05$ ).

Для снижения риска развития профессионального выгорания был разработан и предложен комплекс профилактических мероприятий, включающий:

- снижение в лабораториях гигиенического профиля нагрузки по исследованиям в понедельник и вторник и более корректное распределение нагрузки на персонал в течение рабочей недели;

- смену разделов, в которых работает сотрудник, с целью сокращения однотипных действий в течение рабочей недели;

- оптимизацию времени, затрачиваемого сотрудником на работу посредством компьютеризации и автоматизации рутинных процессов в аккредитованном испытательном лабораторном центре;

- улучшение санитарно-гигиенических и психофизиологических условий труда сотрудников лабораторного центра.

### Список литературы

1. Николаева Е.И., Ельникова О.Е. Специфика восприятия структуры сенсорного потока испытуемыми с различной группой здоровья // Ученые записки ЗабГУ. Серия: Педагогика и психология. – 2016. – Т. 11, № 2. – С. 154–162.
2. Гулин А.В., Шутова С.В., Муравьева И.В. Особенности сенсомоторного реагирования студентов на различных этапах обучения в вузе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17, № 3. – С. 944–947.
3. Иванченко С.Р., Малых С.Б. Природа изменчивости скоростных характеристик сенсомоторных реакций в различных экспериментальных условиях // Вопросы психологии. – 1994. – № 6. – С. 80–86.
4. Iznak A.F., Iznak E.V., Sorokin S.A. Dynamics and relationships of parameters of cognitive evoked potentials and sensorimotor reactions in the treatment of apathic depression // Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S.S. Korsakova. – 2011. – Vol. 111, № 9. – P. 52–57.
5. Шутова С.В., Муравьева И.В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 5–3. – С. 2831–2840.
6. Gutnik B.I., Zitz S.V., Maksimova A.V. Characteristics of the latent period of sensorimotor reactions in middle-aged and elderly outpatients with asthma during long-term treatment with inhaled glucocorticosteroids // Ter. Arkh. – 2012. – Vol. 84, № 8. – P. 41–44.
7. Леонова А.Б. Основные подходы к изучению профессионального стресса // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2000. – № 3. – С. 4–21.
8. Солодков А.С., Щеголев В.С. Новые подходы к оценке работоспособности и утомления операторов // Актуальные проблемы физиологии труда и профессиональной эргономики: материалы ежегодной конференции. – М.: Изд-во Минздрава СССР, 1990. – Т. 1. – С. 109–112.
9. Водопьянова Н.Е. Психическое выгорание // Стоматолог. – 2002. – № 7. – С. 12.
10. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. «Синдром выгорания» в системе «человек – человек» // Практикум по психологии менеджмента и профессиональной деятельности / под ред. Г.С. Никифорова. – СПб.: Питер-Пресс, 2001. – 448 с.
11. Айдаркин Е.К., Кирпач Е.С. Нейрофизиологические механизмы формирования сенсомоторного стереотипа при сложной операторской деятельности // Валеология. – 2011. – № 3. – С. 98–110.
12. Ненахов И.Г., Стёпкин Ю.И. Оценка работоспособности сотрудников испытательного лабораторного центра (на примере ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области») // Universum: Медицина и фармакология. – 2017. – № 3. – С. 39–41.

13. A cross sectional study on the relationship between the body mass index (bmi) and the audiovisual reaction time (ART) / D.N. Deore, S.P. Surwase, S. Masroor, S.T. Khan, V. Kathore // J. Clin. Diagn. Res. – 2012. – Vol. 6, № 9. – P. 1466–1468.

14. Лозинская Е.И., Лутова Н.Б., Вид В.Д. Системный индекс синдрома перегорания (на основе теста МБИ): методические рекомендации. – СПб., 2007. – 19 с.

15. Ухтомский А.А. Возбуждение, утомление, торможение // Физиологический журнал СССР. – 1934. – № 6. – С. 1114–1125.

16. Jacobson B.H., Edgley B.M. Effects of caffeine on simple reaction time and movement time // Aviat. Space Environ. Med. – 1987. – Vol. 58, № 12. – P. 1153–1156.

*Ненахов И.Г., Стёпкин Ю.И., Якимова И.А. Оценка специфики сенсомоторных реакций сотрудников аккредитованного испытательного лабораторного центра в процессе профессиональной деятельности // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 59–65. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.07*

UDC 613.6.02

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.07.eng

## **ASSESSMENT OF SENSORIMOTOR REACTIONS PECULIARITIES DETECTED IN CERTIFIED TEST LABORATORY CENTER STAFF DURING THEIR OCCUPATIONAL ACTIVITIES**

**I.G. Nenakhov, Yu.I. Stepkin, I.A. Yakimova**

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, 10 Studencheskaya Str., Voronezh, 394036, Russian Federation

---

*Our research was performed on 90 people working at Voronezh Center for Hygiene and Epidemiology, a certified test laboratory center. Our research goal was to assess peculiarities of sensorimotor reactions detected in personnel of hygienic and epidemiologic laboratories as per simple visual-motor reaction parameters and complex visual-motor reaction. To examine visual-motor reactions, we applied EffectonStudio software, "Jaguar. Perception. Reactions. Research on precision and speed qualities and human working capacity" package, and Maslash and Jackson procedure supplemented with a mathematical model developed in Bechterev's Saint-Petersburg Scientific Research Psychoneurological Institute to assess occupational burnout risks. The paper dwells on how fatigue develops during a working week and on contributions made by each working day into overall fatigue experienced by personnel employed at a certified test laboratory center. We examined occupational burnout peculiarities detected in laboratory center workers as per emotional exhaustion parameters, depersonalization, and reduction in professional competences; we calculated integral burnout index for them. We revealed health risks for certified test laboratory center personnel which were caused by their emotional burnout and determined cause-and effect relations between the central nervous system functional state and emotional burnout. On the basis of the obtained data we made recommendations on prevention activities aimed at working conditions optimization and occupational burnout prophylaxis. Our research supplements and enlarges this knowledge sphere in occupational hygiene in terms of examining and preventing fatigue occurring in personnel at their workplaces.*

**Key words:** emotional exhaustion, occupational burnout, depersonalization, reduction in professional competences, visual-motor reaction, working conditions optimization.

---

© Nenakhov I.G., Stepkin Yu.I., Yakimova I.A., 2018

**Ivan G. Nenakhov** – Post-Graduate Student at Hygienic Courses Department (e-mail: rayhd@yandex.ru; tel.: +7 (920) 427-02-40).

**Yurii I. Stepkin** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Hygienic Courses Department (e-mail: san@sanep.vrn.ru; tel.: +7(473) 263-52-41).

**Irina A. Yakimova** – a fifth-year Student at Medical-Prevention Faculty (e-mail: yakimova.irene@yandex.ru; tel.: +7(903) 852-37-71).



## References

1. Nikolaeva E.I., El'nikova O.E. Spetsifika vospriyatiya struktury sensornogo potoka ispytuemymi s razlichnoi gruppoi zdorov'ya [Specificity of Sensory Flow Structure Perception by the Subjects with Different Health Groups]. *Uchenye zapiski ZabGU. Seriya: Pedagogika i psikhologiya*, 2016, vol. 11, no 2, pp. 154–162 (in Russian).
2. Gulin A.V., Shutova S.V., Murav'eva I.V. Osobennosti sensomotornogo reagirovaniya studentov na razlichnykh etapakh obucheniya v vuze [Features of Sensory-Motor Reactions of Students in Different Periods of Training in high School]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2012, vol. 17, no. 3, pp. 944–947 (in Russian).
3. Ivanchenko S.R., Malykh S.B. Priroda izmenchivosti skorostnykh kharakteristik sensomotornykh reaktsii v razlichnykh eksperimental'nykh usloviyakh [An essence of velocity characteristics changeability which sensorimotor reactions have under different experimental conditions]. *Voprosy psikhologii*, 1994, no. 6, pp. 80–86 (in Russian).
4. Iznak A.F., Iznak E.V., Sorokin S.A. Dynamics and relationships of parameters of cognitive evoked potentials and sensorimotor reactions in the treatment of apathic depression. *Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S.S. Korsakova*, 2011, vol. 111, no. 9, pp. 52–57.
5. Shutova S.V., Murav'eva I.V. Sensomotornye reaktsii kak kharakteristika funktsional'nogo sostoyaniya TsNS [Sensorimotor reactions as characteristics of functional state of CNS]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2013, vol. 18, no. 5–3, pp. 2831–2840 (in Russian).
6. Gutnik B.I., Zitz S.V., Maksimova A.V. Characteristics of the latent period of sensorimotor reactions in middle-aged and elderly outpatients with asthma during long-term treatment with inhaled glucocorticosteroids. *Ter. Arkh.*, 2012, vol. 84, no. 8, pp. 41–44.
7. Leonova A.B. Osnovnye podkhody k izucheniyu professional'nogo stressa [Basic approaches to occupational stress examination]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya*, 2000, no. 3, pp. 4–21 (in Russian).
8. Solodkov A.S., Shchegolev V.S. Novye podkhody k otsenke rabotosposobnosti i utomleniya operatorov [New approaches to assessing operators' working capacity and fatigue]. *Aktual'nye problemy fiziologii truda i professional'noi ergonomiki: materialy ezhegodnoi konferentsii [Vital issues of occupational physiology and occupational ergonomics: materials collected at annual conference]*. Moscow, Izd-vo Minzdrava SSSR Publ., 1990, vol. 1, pp. 109–112 (in Russian).
9. Vodop'yanova N.E. Psikhicheskoe vygoranie [Psychic burnout]. *Stomatolog*, 2002, no. 7, pp. 12 (in Russian).
10. Vodop'yanova N.E., Starchenkova E.S. «Sindrom vygoraniya» v sisteme «chelovek – chelovek» ["Burn-out syndrome" in a "human - human" system]. *Praktikum po psikhologii menedzhmenta i professional'noi deyatel'nosti [A workshop on management psychology and occupational activities]*. In. G.S. Nikiforov, ed. Sankt-Peterburg, Piter-Press Publ., 2001, 448 p. (in Russian).
11. Aidarkin E.K., Kirpach E.S. Neirofiziologicheskie mekhanizmy formirovaniya sensomotornogo stereotipa pri slozhnoi operatorskoi deyatel'nosti [Neurophysiologic mechanisms of sensorimotor stereotype formation in complex operator's activities]. *Valeologiya*, 2011, no. 3, pp. 98–110 (in Russian).
12. Nenakhov I.G., Stepkin Yu.I. Otsenka rabotosposobnosti sotrudnikov ispytatel'nogo laboratornogo tsentra (na primere FBUZ «Tsentr gigieny i epidemiologii v Voronezhskoi oblasti») [Assessment of Employees' Working Capacity in Laboratory Testing Center (in the Case of the "Centre of Hygiene and Epidemiology in Voronezh Region")]. *Universum: Meditsina i farmakologiya*, 2017, no. 3, pp. 39–41 (in Russian).
13. Deore D.N., Surwase S.P., Masroor S., Khan S.T., Kathore V. A cross sectional study on the relationship between the body mass index (bmi) and the audiovisual reaction time (ART). *J. Clin. Diagn. Res.*, 2012, vol. 6, no. 9, pp. 1466–1468.
14. Lozinskaya E.I., Lutova N.B., Vid V.D. Sistemnyi indeks sindroma peregoraniya (na osnove testa MBI): Metodicheskie rekomendatsii [Systemic burnout syndrome index (based on MBI test): methodical guidelines]. Sankt-Peterburg, 2007, 19 p. (in Russian).
15. Ukhtomskii A.A. Vozbuzhdenie, utomlenie, tormozhenie [Excitation, fatigue, inhibition]. *Fiziologicheskii zhurnal SSSR*, 1934, no. 6, pp. 1114–1125 (in Russian).
16. Jacobson B.H., Edgley B.M. Effects of caffeine on simple reaction time and movement time. *Aviat. Space Environ. Med.*, 1987, vol. 58, no. 12, pp. 1153–1156.

Nenakhov I.G., Stepkin Yu.I., Yakimova I.A. Assessment of sensorimotor reactions peculiarities detected in certified test laboratory center staff during their occupational activities. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 59–65. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.07.eng

Получена: 08.12.2017

Принята: 03.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

# ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА

---

УДК 616-053-2-036: 12-02.613.865

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.08

## ОЦЕНКА РИСКА УТОМЛЕНИЯ У РАБОТНИКОВ НЕРВНО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ТРУДА

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

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

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

---

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

периоды сна во время стоянок также усиливали утомление.

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

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

Таблица 1

Причины утомления членов экипажей ВС, связанные с работой

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



типа у работающих указывает на возможность развития гипертонической болезни.

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

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

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

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

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

Таблица 2

Показатели трудовой мотивации у лиц различных биоритмологических типов в разные смены

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

Примечание: \* – различия между сменами статистически достоверны ( $p < 0,05$ ),

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Список литературы

1. Дементиенко В.В., Дорохов В.Б. Оценка эффективности систем контроля уровня бодрствования человека-оператора с учетом вероятностной природы возникновения ошибок при засыпании // Журнал высшей нервной деятельности. – 2013. – Т. 63, № 1. – С. 24–32.
2. Fatigue detection in commercial flight operations: Results using physiological measures / L.C. Thomas, C. Gast, R. Grube, K. Craig // Procedia Manufacturing. – 2015. – №. 3. – P. 2357–2364.
3. Fatigue in fly-in, fly-out operations. Guidance document for the oil and gas industry // IOGP Report 536. – IPIECA-IOGP, 2015. – 44 p.
4. Performance indicators for fatigue risk management systems // IOGP Report 488. – IPIECA-IOGP, 2012. – 24 p.
5. Руководство для регламентирующих органов: системы управления рисками, связанными с утомляемостью / Международная организация гражданской авиации. – М., 2013. – 250 с.
6. Дорохов В.Б. Сомнология и безопасность профессиональной деятельности // Журнал высшей нервной деятельности. – 2013. – Т. 63, № 1. – С. 33–47.
7. Фесенко М.А., Меркулова А.Г., Калинина С.А. Оценка развития усталости водителей // Материалы XXIII Съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова. – Воронеж: Изд-во «ИСТОКИ», 2017. – С. 1256–1257.
8. Boivin D.B., Boudreau P. Impacts of shift work on sleep and circadian rhythms // Pathologie Biologie. – 2014. – Vol. 62, № 5. – P. 292–301.
9. Daily sleep, weekly working hours, and risk of work-related injury: US National Health Interview Survey (2004–2008) / D.A. Lombardi, S. Folkard, J.L. Willetts, G.S. Smith // Chronobiology International. – 2010. – № 27. – P. 1013–1030.
10. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А. Актуальные проблемы профилактической хрономедицины. – М.: ВНИМИ, 1985. – 80 с.
11. Измеров Н.Ф., Матюхин В.В., Юшкова О.И. Стресс на работе // Безопасность и медицина труда. – 2001. – № 3. – С. 32–37.
12. Матюхин В.В., Юшкова О.И. Смена ночная и смена вечерняя // Охрана труда и социальное страхование. – 2001. – № 8. – С. 56–61.
13. Биоритмы и труд / К.М. Смирнов, А.О. Навакатикян, Г.М. Гамбашидзе [и др.]. – Л.: Наука, 1980. – 142 с.
14. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 208 с.
15. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. – М.: Наука, 1986. – 241 с.
16. Гамбашидзе Г.М. О возможности приспособления организма к сменным и ночным работам // Гигиена труда и профзаболевания. – 1965. – № 1. – С. 12–16.
17. Черникова Е.Ф. Влияние сменного характера труда на состояние здоровья работников // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, №. 3. – С. 44–48.
18. Особенности формирования перенапряжения при высоких психоэмоциональных нагрузках и сменном режиме труда / О.И. Юшкова, Л.П. Кузьмина, А.С. Порошенко, А.В. Капустина // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 4. – С. 1–8.
19. Хронобиология и хрономедицина: руководство / под ред. Ф.И. Комарова. – М.: Медицина, 1989. – 400 с.
20. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на границе нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 294 с.
21. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство [Электронный ресурс]. – М., 2005. – 142 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 18.06.2017).
22. Точилев К.С. Практикум по физиологии труда. – Л.: Наука, 1970. – 200 с.
23. Загрядский В.П., Сулимо-Самуйлло З.К. Методы исследования в физиологии труда. – Л.: Наука, 1976. – 88 с.
24. Профилактическая кардиология / под ред. Г.И. Косицкого. – М.: Медицина, 1977. – 560 с.
25. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / под ред. Т.С. Виноградовой. – М.: Медицина, 1986. – 416 с.
26. Does the circadian clock drift when pilots fly multiple transpacific flights with 1-to 2-day layovers? / P.H. Gander, H.M. Mulrine, M.J. Berg, A.A.T. Smith, T.L. Signal, J. Mangie // Chronobiology international. – 2016. – Vol. 33, № 8. – P. 982–994.
27. Effects of sleep/wake history and circadian phase on proposed pilot fatigue safety performance indicators / P.H. Gander, H.M. Mulrine, M.J. Berg, A.A.T. Smith, T.L. Signal, L.J. Wu, G. Belenky // Journal of sleep research. – 2014. – Vol. 24, № 1. – P. 110–119.
28. Гандер П.Х., Роузкайнд М.Р., Грегори К.Б. Утомляемость членов летного экипажа. Часть VI. Комплексный обзор // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1998. – Т. 69, № 9. – С. B49–B60.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## References

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

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

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

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

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

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

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

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

Получена: 12.01.2018

Принята: 16.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

УДК 614.7

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.09

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ)

В.А. Логинова<sup>1</sup>, Г.Г. Онищенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту, Россия, 115054, г. Москва, ул. Дубининская, 17

<sup>2</sup>Российская академия наук, 119334, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 32а

Проведена сравнительная гигиеническая оценка факторов среды обитания и состояния здоровья населения и работающих на объектах железнодорожного транспорта в регионе Юго-Восточной железной дороги за период 2012–2016 гг. Отмечена тенденция к улучшению качества среды обитания на объектах железнодорожного транспорта и в зоне их влияния. Данные тенденции подтверждаются снижением удельного веса проб атмосферного воздуха с превышением предельно допустимой концентрации (ПДК) (в 3,8 раза), уменьшением доли нестандартных проб питьевой воды в распределительной сети (по санитарно-химическим показателям на 31,5 %, по микробиологическим – на 26,5 %), уменьшением доли проб почвы, не соответствующих по санитарно-химическим показателям – до 0, по микробиологическим – в 1,8 раза, снижением удельного веса рабочих мест с превышениями гигиенических нормативов физических факторов (по шуму – в 1,6 раза, по микроклимату – в 3,1 раза, освещенности – в 1,7 раза), уровней содержания в воздухе рабочей зоны паров и газов (в 4,3 раза), пыли и аэрозолей (в 1,6 раза). В то же время сохраняются негативные тенденции динамических показателей качества воды водоисточников: увеличение удельного веса нестандартных проб воды по санитарно-химическим и микробиологическим показателям – на 3,4 и 29,2 % соответственно. Также сохраняется профессиональный риск для работников железнодорожных профессий. В качестве приоритетного фактора риска определен производственный шум, что соответствует структуре профессиональной заболеваемости. По Юго-Восточной железной дороге за рассматриваемый период выявлено 19 случаев профессиональных заболеваний. Показатель профессиональной заболеваемости снизился с 1,3 до 0,2 на 10 тысяч работающих (по сети железных дорог – с 1,5 до 1,14 на 10 тысяч работающих). В структуре профессиональной патологии нейросенсорная тугоухость составляет 63,2 % (по сети железных дорог – до 73,0 %). Самыми неблагоприятными факторами риска остаются условия труда работников локомотивных бригад.

Сохраняется воздействие негативных факторов среды обитания. Несмотря на снижение показателей первичной заболеваемости среди населения и среди работников ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») за период с 2012 по 2016 г. (на 13,1 и 13,6 % соответственно) в динамике отмечается рост болезней органов дыхания как среди общего населения (на 11,2 %), так и среди работников ОАО «РЖД» (на 18,5 %). Кроме того, болезни органов дыхания вносят наибольший вклад в уровень первичной заболеваемости. Ее удельный вес составляет 26,5–39,8 %, среди работников ОАО «РЖД» – 37,9 %. Отмечается, что в целом показатель заболеваемости среди работников ОАО «РЖД» выше, чем среди общего населения, на 34,7–43,9 % (по сети железных дорог на 24,3–36,4 %), что подтверждает дополнительное влияние вредных производственных факторов. Показано, что показатель заболеваемости с временной утратой трудоспособности среди работников I категории работ имеет негативную тенденцию (увеличение на 5,6 %).

**Ключевые слова:** факторы среды обитания, первичная заболеваемость, профессиональные заболевания, железнодорожный транспорт, гигиеническая оценка, профессиональный риск.

По данным Всемирной организации здравоохранения создание и поддержание здоровой окружающей среды должно быть приоритетом первичной профилактики. Окружающая среда рассматривается как важнейший элемент охраны здоровья, и различные сферы деятельности (например, энергетика, промышленность/производство, водоснабжение и санитария, сельское

хозяйство, жилье, транспорт) играют решающую роль при формировании рисков для здоровья [1].

Результаты исследований свидетельствуют, что приоритетными факторами среды обитания, влияющими на состояние здоровья населения, являются: загрязнение атмосферного воздуха, питьевых вод, почв и физические факторы окружающей среды. В условиях ком-

© Логинова В.А., Онищенко Г.Г., 2018

Логинова Вера Ариевна – заместитель руководителя (e-mail: va-loginova@mail.ru; тел.: 8 (495) 633-27-19).

Онищенко Геннадий Григорьевич – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, помощник председателя правительства Российской Федерации (e-mail: journal@fcrisk.ru; тел.: 8 (495) 954-39-85).

плексной химической нагрузки проживает более 80 % населения. Факторы производственной среды также оказывают неблагоприятное действие на организм работника и являются факторами риска, способствующими развитию заболеваний. Гигиеническая оценка факторного воздействия в рамках методологии анализа рисков здоровью населения является одним из инструментов управления санитарно-эпидемиологической обстановкой [2–7].

По данным государственных докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия на железнодорожном транспорте в 2012–2016 гг. состояние среды обитания на территории под воздействием объектов железнодорожного транспорта характеризовалось положительной динамикой. За период исследования отмечено выраженное снижение (в 3,8 раза) доли исследуемых проб с превышением ПДК по содержанию вредных веществ в атмосферном воздухе и почве, улучшение качества питьевой воды в распределительной сети [8–10]. Установлена тенденция к выраженному снижению заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) [11–13].

**Целью исследования** стала гигиеническая оценка как санитарно-эпидемиологического состояния на объектах железнодорожного транспорта, так и оценка формирования приоритетных факторов риска (на примере Юго-Восточной железной дороги).

**Материалы и методы.** Изучение динамики основных показателей санитарно-эпидемиологической обстановки на Юго-Восточной железной дороге (как типичного региона сети железных дорог) осуществлялось в сравнении с общими показателями по сети железных дорог на основании данных государственной статистической отчетности органов и учреждений Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту за 2012–2016 гг. Целью такого сопоставления стало определение факторов неблагоприятного воздействия окружающей среды на здоровье железнодорожников. Выполнена сравнительная оценка показателей санитарно-эпидемиологического состояния объектов окружающей среды: атмосферного воздуха, объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения, почвы в зоне влияния объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта; условий труда и профессиональной заболеваемости работников ведущих профессий железнодорожного транспорта. Выполнен анализ данных о состоянии здоровья работников ведущих профессий отрасли по показателям ЗВУТ.

**Результаты и их обсуждение.** Принципы организационного построения территориальных органов и учреждений Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту отражают специфику системы управления и эксплуатации железнодорожного транспорта и заключаются в:

- экстерриториальном обслуживании поднадзорных объектов с учетом прохождения железных дорог по территории различных субъектов Российской Федерации и соответствующего распределения железнодорожной инфраструктуры;

- осуществлении надзорной и контрольной функций с учетом линейного построения железнодорожной транспортной системы;

- организации сквозного надзора и контроля за безопасностью и санитарно-эпидемиологическим благополучием пассажирских и грузовых перевозок.

Структура контрольно-надзорных органов в системе федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора по железнодорожному транспорту включает Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту. Его основная функция – прямое руководство и координация деятельности структурных подразделений по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия на объектах железнодорожного транспорта и транспортной инфраструктуры, и 15 территориальных отделов Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту на 15 железных дорогах Российской Федерации [14,15].

Юго-Восточная железная дорога – филиал ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») занимает центральное положение по сети железных дорог, пролегает через Центрально-Черноземный экономический район России и связывает восточные районы и Урал с центром РФ, а также районы Севера, северо-запада и центральные с Северным Кавказом, Украиной и государствами Закавказья. Граничит с несколькими железными дорогами: Московской, Куйбышевской, Приволжской, Северо-Кавказской. Площадь обслуживаемых регионов составляет около 160 тыс. км, или 0,9 % территории Российской Федерации. Эксплуатационная длина Юго-Восточной железной дороги составляет 4,3 тыс. км, или 5 % общей протяженности железных дорог. Удельный вес электрической тяги в освоении грузооборота составляет 83,6 %, остальные перевозки осущес-

ствляются при использовании тепловой тяги. Юго-Восточная железная дорога имеет в своем составе три региона: Лискинский, Белгородский и Мичуринский. В настоящее время курсируют пять пар фирменных поездов с припиской к Юго-Восточной железной дороге.

Основные грузы, перевозимые по Юго-Восточной железной дороге, – это железорудное сырье, черные металлы, строительные материалы, а также продукция агропромышленного комплекса (нефть, цемент, химические и минеральные удобрения, промышленное сырье, флюсы).

На контроле Юго-Восточного территориального отдела Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту находятся в среднем 6,9 % от общего количества объектов надзора по сети железных дорог (в 2016 г. – 1657). В структуре объектов наибольший удельный вес составляют коммунальные (34,9 %) и промышленные (30,9 %). Доля транспортных средств составляет 9,0 % от общего количества, объектов торговли пищевыми продуктами и общественного питания – 23,9 %, детских и подростковых учреждений – 1,3 %.

За анализируемый период (2012–2016 гг.) отмечается уменьшение удельного веса объектов III группы санитарно-эпидемиологического благополучия, характеризующихся как крайне неудовлетворительные, – с 12,6 % в 2012 г. до 10,0 % в 2016 г., при среднесетевом показателе 9,1 %. В структуре объектов III группы санитарно-эпидемиологического благополучия коммунальные объекты составляют 34,9 % (среднесетевой показатель – 34,9 %), промышленные – 30,9 % (среднесетевой показатель – 20,8 %), пищевые объекты – 23,9 % (среднесетевой показатель – 16,3 %), транспортные средства – 9,1 % (21,4 %), детские и подростковые учреждения – 1,3 % (среднесетевой показатель – 1,9 %).

Качество атмосферного воздуха на объектах железнодорожного транспорта зависит от их регионально-территориального размещения и от расположения вблизи железных дорог химически опасных объектов. Кроме того, потенциальными источниками химического загрязнения атмосферного воздуха являются крупные промышленные предприятия железнодорожного транспорта, хранилища нефтепродуктов, открытые угольные склады, предприятия по производству и складированию деревянных шпал, пункты очистки, промывки и пропарки цистерн (при перевозке нефти и нефтепродуктов) и приравненные к этим пунктам объекты. Также к за-

грязнению окружающей среды на железных дорогах приводят железнодорожные аварии, периодически возникающие при перевозках химически опасных грузов. Разливы и выбросы химических веществ в окружающую среду создают риски для здоровья населения, проживающего в близлежащих населенных пунктах [16].

Анализ качества атмосферного воздуха на территориях в зоне влияния объектов железнодорожного транспорта показал улучшение его гигиенических характеристик. Удельный вес проб атмосферного воздуха с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ суммарно по всем ингредиентам с 2012 по 2016 г. уменьшился в 3,8 раза и составил 0,4 %. Превышение более 5 ПДК регистрировалось в единичных случаях (менее 0,01 %).

По данным маршрутных и подфакельных исследований в зоне влияния промышленных предприятий железнодорожного транспорта также наблюдается положительная динамика в состоянии воздушной среды. Доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по всем основным загрязняющим веществам снизилась в 7,5 раза.

Как свидетельствуют данные проведенного социально-гигиенического мониторинга, основными загрязняющими веществами атмосферного воздуха территорий, находящихся в зоне ответственности железнодорожного транспорта, являются: оксиды азота, сероуглерод и оксиды серы, оксиды углерода, сажа, предельные и непредельные углеводороды [14, 15]. Наиболее часто превышения ПДК регистрировались по взвешенным веществам – 2,5 % исследованных проб (в том числе с превышением 5 ПДК – 0,01 %); по гидроксibenзолу и его производным – 1,4 % (с превышением 5 ПДК – 0,04 %); по формальдегиду – 0,5 % (с превышением 5 ПДК – 0,05 %); по углеводородам – 0,3 % (с превышением 5 ПДК – 0,06 %). Также регистрировались превышения ПДК по содержанию в атмосферном воздухе серы диоксида (1,0 %), углерода оксида (0,9 %), азота диоксида (0,8 %), тяжелых металлов (0,4 %), аммиака и сероуглерода (0,2 %). За анализируемый период на территории, находящейся под влиянием железнодорожных объектов Юго-Восточной железной дороги, превышения ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе регистрировались только в 2016 г. по взвешенным веществам: суммарно по всем ингредиентам – 0,5 % проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, по взвешенным веществам – 2,4 %.



Питьевое водоснабжение на объектах Юго-Восточной железной дороги, так же как и в целом на сети железных дорог, осуществляется в основном из подземных водоисточников, которые в общей структуре водоисточников составляют 97,95 % (135 артезианских скважин). По сети железных дорог в целом удельный вес источников централизованного питьевого водоснабжения, не отвечающих гигиеническим требованиям, за период с 2012 по 2016 г. уменьшился на 24,6 % и составил 10,4 %. На Юго-Восточной железной дороге отмечается обратная тенденция: удельный вес источников централизованного питьевого водоснабжения, не отвечающих гигиеническим требованиям, с 2012 г. увеличился на 66,4 % и составил 21,97 %. Санитарное неблагополучие источников водоснабжения в основном (79,2 %) обусловлено отсутствием зон санитарной охраны или несоблюдением требований к их организации. Кроме того, качество воды из подземных водоисточников значительно хуже, чем в целом по сети железных дорог: удельный вес неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям составлял в анализируемый период 30,8–42,6 %, и в 2016 г. превышал среднесетевой показатель на 16,8 % (табл. 1).

Удельный вес неудовлетворительных проб по микробиологическим показателям значительно ниже данного показателя по сети железных дорог. Однако в динамике по микробиологическим показателям отмечается тенденция к ухудшению качества воды. Удельный вес неудовлетворительных проб увеличился с 2,4 % в 2012 г. до 3,1 % в 2016 г. Несмотря на низкое качество воды в источниках водоснабжения, доброкачественной питьевой водой обеспечено 94,6 % приписного населения Юго-Восточной железной дороги, что несколько выше, чем в целом по сети железных дорог (94,2 %).

Оценка качества воды в распределительной сети показала улучшение как на Юго-Восточной железной дороге, так и в целом по

сети железных дорог. Удельный вес неудовлетворительных проб воды по санитарно-химическим показателям уменьшился с 23,8 % в 2012 г. до 16,3 % в 2016 г. (по сети железных дорог с 17,6 до 16,7 %), по микробиологическим показателям – с 4,9 до 3,6 % (по сети железных дорог – с 4,6 до 3,2 %). Неудовлетворительные санитарно-химические показатели питьевой воды обусловлены повышенными показателями жесткости и содержания железа.

Анализ результатов контрольно-надзорных мероприятий выявил, что высокие показатели нестандартных проб воды, особенно по санитарно-химическим данным, связаны с неудовлетворительным состоянием коммунальных сетей, их ветхостью, несвоевременным выполнением ремонтных и профилактических работ. Низкое качество распределительных сетей связано с долголетней эксплуатацией, изменением условий в местах их прокладки, использованием труб без антикоррозийных покрытий, низким качеством эксплуатируемой на сетях запорной арматуры.

Наиболее распространенным загрязнителем территорий предприятий железнодорожного транспорта являются нефть, нефтепродукты, мазут, дизельное топливо, масла и смазочные материалы, а также остатки перевозимых грузов и отходов производства. Кроме того, загрязняют территорию строительный щебень, потерявший свои потребительские свойства, лом черных металлов, грунт, образовавшийся после землеройных работ, золошлаки, шпалы.

На территории селитебной зоны отмечается рост показателей проб почвы, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологическим показателям.

В регионе Юго-Восточной железной дороги оценка качества и санитарного состояния почв на объектах показала, что имеется тенденция снижения доли проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологи-

Таблица 1

Динамика качественных показателей воды источников в местах водозаборов

Показатель	Подземные источники									
	2012 г.		2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	по сети	ЮВЖД	по сети	ЮВЖД	по сети	ЮВЖД	по сети	ЮВЖД	по сети	ЮВЖД
Санитарно-химические	31,1	34,9	30,7	42,6	32,1	38,7	31,6	30,8	30,7	36,1
Микробиологические	6,6	2,4	6,04	3,9	6,0	2,2	5,5	1,5	4,9	3,1

Примечание: здесь и в табл. 2 ЮВЖД – Юго-Восточная железная дорога.

Таблица 2

## Характеристика качества почвы

Показатель		Удельный вес проб, превышающих гигиенические нормативы					В санитарной зоне				
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Санитарно-химические	Всего	5,0	3,9	5,3	5,9	2,0	0,6	0,5	0,5	2,6	2,7
	ЮВЖД	<b>20,97</b>	<b>12,8</b>	<b>16,4</b>	<b>12,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Микробиологические	Всего	3,9	3,3	8,8	3,2	3,3	4,3	3,4	16,5	2,9	3,7
	ЮВЖД	<b>10,6</b>	<b>4,4</b>	<b>4,0</b>	<b>4,1</b>	<b>5,7</b>	<b>0</b>	<b>0,8</b>	<b>0</b>	<b>1,2</b>	<b>0</b>
Паразитологические	Всего	2,0	1,7	1,9	0,4	0,3	1,0	1,1	0,73	0,4	0,4
	ЮВЖД	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

ческим показателям. Вместе с тем уровень химического загрязнения в период 2012–2016 гг. превышал среднесетевой показатель в 2,7 раза, как и уровень микробиологического загрязнения почвы – на 8,4 % (табл. 2).

В связи со спецификой подконтрольных объектов по сети железных дорог, основную долю которых составляют объекты ОАО «РЖД» и его дочерние и зависимые общества, лабораторные исследования состояния почвы проводились преимущественно в зоне влияния промышленных предприятий и транспорта (71 % исследованных проб). Наиболее высокие показатели химического загрязнения почв регистрировались в зоне влияния промышленных предприятий и транспорта (16,8 % проб, превышающих гигиенические нормативы), при этом приоритетными загрязнителями являлись нефтепродукты и соли тяжелых металлов.

Анализ данных первичной заболеваемости населения, находящегося под воздействием сети железных дорог, в динамике за анализируемый период (2012–2016 гг.) показал незначительный рост общей заболеваемости на 0,07 %. При этом заболеваемость населения на Юго-Восточной железной дороге снизилась на 13,1 %. Структура заболеваемости населения по основным классам болезней не менялась. Наибольший вклад в уровень первичной заболеваемости по Юго-Восточной железной дороге, как и в целом по сети железных дорог, вносили (по мере убывания): болезни органов дыхания (26,5–39,8 %), травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин (10,7–11,8 %), болезни мочеполовой системы (7,5–9,7 %), болезни уха и сосцевидного отростка (7,5–9,4 %), болезни кожи и подкожной клетчатки (6,2–7,8 %). При этом в динамике отмечается рост болезней органов дыхания на 11,2 % (по сети железных дорог – на 9,4 %).

В структуре населения, находящегося под воздействием объектов железнодорожного транспорта, работники ОАО «РЖД» и его дочерних и зависимых обществ на Юго-Восточной железной дороге составляют 32,9 % (в среднем по сети железных дорог – 37,2 %). Поэтому оценка уровня вредного воздействия отдельных факторов трудового процесса на работников железнодорожной отрасли является важной составляющей гигиенического мониторинга [17, 18].

За анализируемый период на Юго-Восточной железной дороге среди объектов, связанных с обеспечением движения поездов (таких как заводы, ремонтные локомотивные и вагонные депо, объекты службы пути, связи, электрооборудования), отмечается уменьшение удельного веса объектов III группы санитарно-эпидемиологического благополучия (крайне неудовлетворительные) с 19,7 % в 2012 г. до 11,5 % в 2016 г. Кроме того, отмечено, что в среднем доля таких объектов ниже, чем в целом по сети железных дорог на 17,3 %.

По данным лабораторных исследований воздуха рабочей зоны за 2012–2016 гг. отмечается тенденция к уменьшению удельного веса проб с превышением ПДК паров и газов, как в целом, так и по веществам 1–2-го классов опасности (с 2,6 до 0,6 % и с 2,3 до 1,9 % соответственно). Указанная динамика отражает ситуацию по сети железных дорог. При улучшении гигиенических характеристик воздуха рабочей зоны по содержанию пыли и аэрозолей на объектах Юго-Восточной железной дороги наблюдается уменьшение удельного веса проб воздуха с превышением ПДК пыли и аэрозолей с 10,9 до 6,8 %, в том числе по веществам 1–2-го классов опасности – с 8,9 до 0,9 %. По сети железных дорог в целом отмечается обратная тенденция: увеличение удельного веса проб с превышением ПДК с 13,5 до 15,3 %,

в том числе по веществам 1–2-го классов опасности – с 13,5 до 22,6 % [19,20].

На промышленных объектах в регионе Юго-Восточной железной дороги, так же как и в целом по сети железных дорог, отмечена тенденция к снижению удельного веса рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по нескольким показателям: 1) уровень шума – с 30,3 до 18,5 % (среднесетевой – с 24,1 до 19,97 %); 2) параметры микроклимата – с 5,0 до 1,6 % (с 5,3 до 4,6 %); 3) освещенность – с 15,6 до 9,2 % (с 19,6 до 16,9 %). По уровню вибрации отмечено увеличение удельного веса рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам, с 8,1 до 9,3 % при снижении среднесетевых показателей в динамике с 17,7 до 10,99 % [19,20].

Анализ результатов контрольно-надзорных мероприятий выявил, что основными причинами неудовлетворительных условий труда в производственных помещениях являются продолжительные сроки эксплуатации и высокая степень изношенности станочного и иного оборудования (металлообрабатывающие, деревообрабатывающие, кузнечные станки и пр.); отсутствие или нарушение работы вентиляции на рабочих местах или оборудование вентиляции без учета особенностей производственных процессов (неправильные технические решения); несбалансированный тепловой режим (количество отопительных приборов в цехах недостаточно, работа воздушно-тепловых завес не заблокирована с процессом открывания ворот); нарушение вентиляции при проведении газосварочных работ на нефиксированных рабочих местах, отсутствие изоляции наиболее вредных процессов.

Уровень профессиональной заболеваемости имеет выраженную динамику снижения. С 2012 по 2016 г. количество выявленных профессиональных заболеваний уменьшилось со 133 случаев до 97, показатель заболеваемости снизился с 1,5 до 1,14 на 10 тысяч работающих (при общероссийском показателе в 2016 г. 1,47 на 10 тысяч работающих) [16].

Структура профессиональных заболеваний по составу и нозологическим формам существенно не меняется. Наибольший удельный вес в ней составляют заболевания машинистов и помощников машинистов (35,2–51,5 %), а также путевых работников (19,3–24,3 %). Среди заболеваний лидирующее место занимает нейросенсорная тугоухость (до 73 %); второе – заболевания пылевой этиологии (до 13 %); третье – вибрационная болезнь (до 5 %). Заболевания

периферической нервной системы (ПНС) и опорно-двигательного аппарата находятся на четвертом месте (до 9 %).

Структура профессиональных заболеваний работников локомотивных бригад имеет особенности, что обусловлено характером условий труда. Среди заболеваний основную долю составляют нейросенсорная тугоухость (93,4 %), вибрационная болезнь (9,4 %), заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата (1,3 %) [8–10].

За период 2012–2016 гг. среди работников Юго-Восточной железной дороги регистрировались единичные случаи профессиональных болезней: 7, 2, 5, 4, 1 соответственно, при этом среди машинистов зарегистрировано 47,4 % всех случаев. В структуре профессиональной патологии преобладающее значение имеет нейросенсорная тугоухость, удельный вес которой составляет 63,2 %, болезни органов дыхания – 26,3 %, болезни опорно-двигательного аппарата – 10,5 %.

Среди работников ОАО «РЖД» в целом сохраняется тенденция к снижению уровня первичной заболеваемости как по Юго-Восточной железной дороге (–13,6 %), так и в целом по сети железных дорог (–8,8 %). Показатель первичной заболеваемости по Юго-Восточной железной дороге в среднем ниже, чем по сети железных дорог, на 6,99 % и составляет 528,1 ‰. Однако в целом показатель заболеваемости среди работников ОАО «РЖД» выше, чем среди общего населения, на 34,7–43,9 % (по сети железных дорог на 24,3–36,4 %) [17, 18].

В структуре первичной заболеваемости среди работников ОАО «РЖД» лидирующее место занимают болезни органов дыхания, на них приходится 37,9 % (по сети железных дорог – 36,9 %). На втором ранговом месте находятся травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин, что составляет 13,1 % (по сети железных дорог – 13,7 %). На третьем месте – болезни кожи и подкожной клетчатки – 10,4 % (по сети железных дорог – 6,5 % – пятое место); на четвертом – болезни мочеполовой системы – 6,6 % (по сети железных дорог – 8,7 % – третье место); на пятом – болезни костно-мышечной системы – 4,4 % (по сети железных дорог – 6,9 % – четвертое место). Кроме того, за анализируемый период отмечен рост первичной заболеваемости болезнями органов дыхания на 18,5 %, болезнями органов пищеварения – на 4,3 %.

Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) за период с 2012

по 2016 г. показал снижение числа случаев временной нетрудоспособности на 100 работающих с 52,4 до 48,5 и числа дней временной нетрудоспособности на 100 работающих – с 652,4 до 605,1. В то же время среди работников I категории работ, т.е. среди работников, непосредственно связанных с движением поездов, число случаев ЗВУТ на 100 работающих увеличилось на 5,9 % – с 52,7 до 55,8. При этом число дней ЗВУТ на 100 работающих уменьшилось на 3,3 %.

**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод, что в целом в зоне влияния объектов Юго-Восточной железной дороги в динамике за 2012–2016 гг. отмечается улучшение состояния среды обитания по большинству анализируемых факторов: качество атмосферного воздуха по содержанию химических веществ (снижение удельного веса проб с превышением ПДК в 3,8 раза, а в зоне влияния промышленных предприятий – в 7,5 раза); качество питьевой воды в распределительной сети (снижение доли неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям – на 31,5 %, по микробиологическим – на 26,5 %); качество состояния почвы (уменьшение доли проб, не соответствующих по санитарно-химическим показателям – до 0, по микробиологическим – в 1,8 раза); состояние условий труда работников железнодорожной отрасли (уменьшение удельного веса проб с превышением ПДК паров и газов в 4,3 раза, пыли и аэрозолей – в 1,6 раза, снижение удельного веса рабочих мест, не соответствующих гигиеническим нормативам по шуму – в 1,6 раза, по микроклимату – в 3,1 раза, освещенности – в 1,7 раза).

За исследуемый период отмечается положительная динамика в распределении объектов железнодорожного транспорта и транспортной инфраструктуры по группам санитарно-эпидемиологического благополучия: уменьшение доли объектов III группы санитарно-эпидемиологического благополучия (крайне неудовлетворительные) на 20,6 %.

Вместе с тем сохраняются негативные тенденции в характеристиках динамических показателей и качества воды подземных во-

доисточников (увеличение доли источников водоснабжения, не соответствующих гигиеническим требованиям, на 66,4 %, проб воды, не удовлетворительных как по санитарно-химическим, так и по микробиологическим показателям, на 3,4 и 29,2 % соответственно) и состояния условий труда на рабочих местах по уровню вибрации (увеличение доли рабочих мест, не соответствующих нормативам, на 14,8 %).

Сохраняется профессиональный риск для работников железнодорожных профессий. В качестве приоритетного фактора риска выступает производственный шум, что соответствует структуре профессиональной заболеваемости. По Юго-Восточной железной дороге за рассматриваемый период выявлено 19 случаев профессиональных заболеваний. Показатель профессиональной заболеваемости снизился с 1,3 до 0,2 на 10 тысяч работающих (по сети железных дорог – с 1,5 до 1,14 на 10 тысяч работающих). В структуре профессиональной патологии нейросенсорная тугоухость составляет 63,2 % (по сети железных дорог – до 73,0 %). Самыми неблагоприятными факторами риска остаются условия труда работников локомотивных бригад.

Сохраняется воздействие негативных факторов среды обитания. Несмотря на снижение показателей первичной заболеваемости среди населения и среди работников ОАО «РЖД» за период с 2012 по 2016 г. (на 13,1 и 13,6 % соответственно), в динамике отмечается рост болезней органов дыхания как среди общего населения (на 11,2 %), так и среди работников ОАО «РЖД» (на 18,5 %). Кроме того, болезни органов дыхания вносят наибольший вклад в уровень первичной заболеваемости, их удельный вес составляет 26,5–39,8 %, (среди работников ОАО «РЖД» – 37,9 %). Отмечается, что в целом показатель заболеваемости среди работников ОАО «РЖД» выше, чем среди общего населения, на 34,7–43,9 % (по сети железных дорог на 24,3–36,4 %), что подтверждает дополнительное влияние вредных производственных факторов.

### Список литературы

1. Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks [Электронный ресурс] / A. Prüss-Ustün, J. Wolf, C. Corvalán, R. Bos, M. Neira // World Health Organization. – 2016. – 176 p. – URL: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196_eng.pdf?ua=1) (дата обращения: 19.02.2018).
2. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май [и др.]; под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – М.: Пермь, 2014. – С. 552–561, 634–650.

3. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе // *Здравоохранение Российской Федерации*. – 2013. – № 2. – С. 20–24.
4. Боровкова А.М., Кладова Т.В., Лазарева Ю.А. Оценка профессионального риска для работников железнодорожного транспорта // *Сиббезопасность-Спасиб*. – 2013. – № 1. – С. 26–32.
5. Методические и практические аспекты доказательства реализации рисков, формируемых негативным воздействием факторов среды обитания / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Е.Е. Андреева, С.В. Клейн, А.В. Алексеева // *Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием* / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2016. – Т. 1. – С. 73–80.
6. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // *Гигиена и санитария*. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 5–10.
7. Онищенко Г.Г. О санитарно-эпидемиологическом состоянии окружающей среды // *Гигиена и санитария*. – 2013. – № 2. – С. 4–10.
8. О санитарно-эпидемиологической обстановке на железнодорожном транспорте в 2012 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – М.: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту, 2012. – 80 с. – URL: [http://urpngrt.rosпотребнадzor.ru/files/docs/doklads/gosdoklad\\_2012.doc](http://urpngrt.rosпотребнадzor.ru/files/docs/doklads/gosdoklad_2012.doc) (дата обращения: 23.01.2018).
9. О санитарно-эпидемиологической обстановке на железнодорожном транспорте в 2014 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – М.: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту, 2015. – 43 с. – URL: [http://urpngrt.rosпотребнадzor.ru/files/docs/doklads/gosdoklad\\_2014.doc](http://urpngrt.rosпотребнадzor.ru/files/docs/doklads/gosdoklad_2014.doc) (дата обращения: 23.01.2018).
10. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия на железнодорожном транспорте в 2016 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – М.: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по железнодорожному транспорту, 2017. – 53 с. – URL: [http://urpngrt.rosпотребнадzor.ru/files/docs/doc2017/Gosdoklad\\_sost\\_sanepid\\_2016.doc](http://urpngrt.rosпотребнадzor.ru/files/docs/doc2017/Gosdoklad_sost_sanepid_2016.doc) (дата обращения: 24.01.2018).
11. Здоровье работников ОАО «РЖД», членов семей работников ОАО «РЖД», неработающих пенсионеров ОАО «РЖД» и территориального населения в 2012–2013 гг. // *Деятельность негосударственных учреждений здравоохранения ОАО «РЖД» в 2012–2013 гг.: сборник статистических материалов*. – М., 2014. – 243 с.
12. Показатели состояния здоровья работников ОАО «РЖД», членов семей работников ОАО «РЖД», неработающих пенсионеров ОАО «РЖД» и прикрепленного территориального населения в 2014–2015 гг. // *Деятельность негосударственных учреждений здравоохранения ОАО «РЖД» в 2014–2015 гг.: сборник статистических материалов*. – М., 2016. – 273 с.
13. Показатели состояния здоровья работников ОАО «РЖД», неработающих пенсионеров ОАО «РЖД» и прикрепленного территориального населения в 2016 году // *Деятельность негосударственных учреждений здравоохранения ОАО «РЖД» в 2016 году: сборник статистических материалов*. – М., 2017. – 263 с.
14. Каськов Ю.Н. Научное обоснование и реализация системы приоритетных мер по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия на железнодорожном транспорте в условиях административной реформы: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2014. – 232 с.
15. Актуальные вопросы обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности пассажирских и грузовых перевозок железнодорожным транспортом России / Г.А. Фархатдинов, Ю.Н. Каськов, Ю.И. Подкорытов, О.А. Свитенко // *Дезинфекция. Антисептика*. – 2014. – Т. 5, № 2. – С. 28–32.
16. Каськов Ю.Н., Подкорытов Ю.И. К современному состоянию химического загрязнения окружающей среды на объектах железнодорожного транспорта России // *Медицина труда и экология человека*. – 2016. – № 4. – С. 91–97.
17. Капцов В.А., Мезенцев А.П., Панкова В.Б. Производственно-профессиональный риск железнодорожников. – М., 2002. – С. 206–207.
18. Логинова В.А. Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска здоровью работников на объектах железнодорожного транспорта // *Анализ риска здоровью*. – 2017. – № 2. – С. 96–101.
19. Анализ санитарно-гигиенического состояния промышленных предприятий железнодорожного транспорта и профессиональной заболеваемости за 2014 г.: информационный бюллетень. – М.: Управление Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту», 2015. – 23 с.
20. Анализ санитарно-гигиенического состояния промышленных предприятий железнодорожного транспорта и профессиональной заболеваемости за 2016 г.: информационный бюллетень. – М.: Управление Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту», 2017. – 21 с.

*Логинова В.А., Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка условий формирования факторов риска для работающих и населения на железнодорожном транспорте (на примере Юго-Восточной железной дороги) // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 78–88. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.09*

## CONDITIONS WHICH CAUSE RISK FACTORS FOR RAILROAD TRANSPORT WORKERS AND POPULATION: HYGIENIC ASSESSMENT (ON THE EXAMPLE OF SOUTH-EASTERN RAILWAY)

V.A. Loginova<sup>1</sup>, G.G. Onishchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Railway transport office, 17 Dubininskaya Str., Moscow, 115054, Russian Federation

<sup>2</sup>Russian Academy of Sciences, 32a Leninskii prospect, Moscow, 119334, Russian Federation

*We performed comparative hygienic assessment of environmental factors and health of population living near the South-Eastern railway and railroad transport workers over 2012–2016 and revealed a trend for environmental quality improvement both at railroad objects and on territories influenced by them. This trend was confirmed by a 3.8 times decrease in specific weight of atmospheric air samples with hazardous substances concentrations exceeding MPC; a decrease in drinking water samples taken from distribution networks which deviated from standards (by 31.5 % as per sanitary-chemical parameters, and by 26.5 %, as per microbiological ones); lower share of soil samples not corresponding to standards (it went down to 0 as per sanitary-chemical parameters, and there was a 1.8 times decrease in it as per microbiological parameters); there was also a decrease in a number of workplaces not corresponding to hygienic standards in terms of physical factors (noise, by 1.6 times lower, microclimate, by 3.1 times, luminance, by 1.7 times) and in terms of MPC levels related to vapors and gases concentrations in working area air (by 4.3 times), as well as dust and aerosols (by 1.6 times). At the same time there are persistent negative trends for dynamic parameters of water reservoirs quality: a specific weight of water samples not corresponding to standards increased, by 3.4 % as per sanitary-chemical parameters, and by 29.2 %, as per microbiological ones. Occupational risks for railroad transport workers still exist. Industrial noise is considered to be a priority risk factor and it corresponds to occupational morbidity structure. 19 occupational morbidity cases were detected at South-Eastern railway over the examined period. Occupational morbidity went down from 1.3 to 0.2 cases per 10 000 workers (from 1.5 to 1.14 per 10 000 workers for the whole railways network). Sensorineural hearing loss amounts to 63.2 % in occupational pathology structure (up to 73 % for the whole railways network). Working conditions of locomotive team members remain the most unfavorable.*

*Negative environmental factors continue to exert their influence on health. Although primary morbidity among population in general and workers employed by "Russian Railways" PLC ("RR" PLC) over 2012–2016 (by 13.1 % and 13.6 % correspondingly), an increase in respiratory organs diseases is detected both among population in general (by 11.2 %), and workers employed by "RR" PLC (by 18.5 %). Besides, respiratory organs diseases make the greatest contribution into primary morbidity. Their specific weight amounts to 26.5–39.8 % among population in general, and to 37.9 %, among "RR" PLC workers. As a whole, morbidity among "RR" PLC workers employed at the South-Eastern railway tends to be 34.7–43.9 % higher than among population in general (by 24.3–36.4 % for the whole railways network), and this fact proves there are additional negative influences exerted by occupational factors. It is also shown that morbidity with temporary disability among 1st category workers has a negative trend (a 5 % increase).*

**Key words:** environmental factors, primary morbidity, occupational diseases, railroad transport, hygienic assessment, occupational risk.

### References

1. Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalán C., Bos R., Neira M. Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks. World Health Organization, 2016, 176 p. Available at: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196_eng.pdf?ua=1) (19.02.2018).
2. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., May I.V. [et al.]. Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: monografiya [Health risk analysis in the strategy of state social and economical development: monograph]. In: G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva, eds. Moscow, Perm', 2014, pp. 552–561, 634–650 (in Russian).
3. Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z. Analiz riska zdorov'yu naseleniya na sovremennom etape [Contemporary population health risk analysis]. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2013, no. 2, pp. 20–24 (in Russian).

© Loginova V.A., Onishchenko G.G., 2018

**Vera A. Loginova** – Deputy Director (e-mail: [va-loginova@mail.ru](mailto:va-loginova@mail.ru); tel.: +7 (495) 633-27-19).

**Gennadiy G. Onishchenko** – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Assistant to the RF Government Head (e-mail: [journal@fcrisk.ru](mailto:journal@fcrisk.ru); tel.: +7 (495) 954-39-85).

4. Borovkova A.M., Kladova T.V., Lazareva Yu.A. Otsenka professional'nogo riska dlya rabotnikov zheleznodorozhnogo transporta [Occupational Health Risk Assessment for Rail Transport Workers]. *Sibbezopasnost'-Spassib*, 2013, no. 1, pp. 26–32 (in Russian).
5. Zaitseva N.V., May I.V., Andreeva E.E., Kleyn S.V., Alekseeva A.V. Metodicheskie i prakticheskie aspekty dokazatel'stva realizatsii riskov, formiruemykh negativnym vozdeistviem faktorov sredy obitaniya [Methodical and practical aspects related to confirming realization of risks caused by negative environmental factors influence]. *Aktual'nye problemy bezopasnosti i analiza riska zdorov'yu naseleniya pri vozdeistvii faktorov sredy obitaniya: sbornik materialov VII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Vital issues of safety and population health risk analysis under exposure to environmental factors: materials collected for VII Russian theoretical and practical conference with international participation]*. In: A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva, eds. Perm', 2016, vol. 1, pp. 73–80 (in Russian).
6. Rakhmanin Yu.A., Mikhailova R.I. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e: priority profilakticheskoi meditsiny [Environment and Health: Priorities for Preventive Medicine]. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 5, pp. 5–10 (in Russian).
7. Onishchenko G.G. O sanitarno-epidemiologicheskom sostoyanii okruzhayushchei sredy [On Sanitary and Epidemiological State of The Environment]. *Gigiena i sanitariya*, 2013, no. 2, pp. 4–10 (in Russian).
8. O sanitarno-epidemiologicheskoi obstanovke na zheleznodorozhnom transporte v 2012 godu: Gosudarstvennyi doklad [On sanitary-epidemiologic situation on railroad transport in 2012: State Report]. Moscow, Upravlenie Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelei i blagopoluchiya cheloveka po zheleznodorozhnomu transportu Publ., 2012, 80 p. Available at: [http://urpngt.rosпотребнадзор.ru/files/docs/doklads/gosdoklad\\_2012.doc](http://urpngt.rosпотребнадзор.ru/files/docs/doklads/gosdoklad_2012.doc) (23.01.2018) (in Russian).
9. O sanitarno-epidemiologicheskoi obstanovke na zheleznodorozhnom transporte v 2014 godu: Gosudarstvennyi doklad [On sanitary-epidemiologic situation on railroad transport in 2014: State Report]. Moscow, Upravlenie Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelei i blagopoluchiya cheloveka po zheleznodorozhnomu transportu Publ., 2015, 43 p. Available at: [http://urpngt.rosпотребнадзор.ru/files/docs/doklads/gosdoklad\\_2014.doc](http://urpngt.rosпотребнадзор.ru/files/docs/doklads/gosdoklad_2014.doc) (23.01.2018) (in Russian).
10. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya na zheleznodorozhnom transporte v 2016 godu: Gosudarstvennyi doklad [On sanitary-epidemiologic welfare on railroad transport in 2016: State Report]. Moscow, Upravlenie Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelei i blagopoluchiya cheloveka po zheleznodorozhnomu transportu Publ., 2017, 53 p. Available at: [http://urpngt.rosпотребнадзор.ru/files/docs/doc2017/Gosdoklad\\_sost\\_sanepid\\_2016.doc](http://urpngt.rosпотребнадзор.ru/files/docs/doc2017/Gosdoklad_sost_sanepid_2016.doc) (24.01.2018) (in Russian).
11. Zdorov'e rabotnikov OAO «RZhD», chlenov semei rabotnikov OAO «RZhD», nerabotayushchikh pensionerov OAO «RZhD» i territorial'nogo naseleniya v 2012–2013 gg. ["RR" PLC workers and their family members' health; health of retired "RR" PLC workers and health of population living on territories exposed to railroads influence, in 2012–2013]. *Deyatel'nost' negosudarstvennykh uchrezhdenii zdavookhraneniya OAO «RZhD» v 2012–2013 gg.: sbornik statisticheskikh materialov* [Activities of "RR" PLC non-state healthcare organizations in 2012–2013: statistic materials collection]. Moscow, 2014, 243 p. (in Russian).
12. Pokazateli sostoyaniya zdorov'ya rabotnikov OAO «RZhD», chlenov semei rabotnikov OAO «RZhD», nerabotayushchikh pensionerov OAO «RZhD» i prikreplennogo territorial'nogo naseleniya v 2014–2015 gg. ["RR" PLC workers and their family members' health; health of retired "RR" PLC workers and health of population living on territories exposed to railroads influence, in 2014–2015]. *Deyatel'nost' negosudarstvennykh uchrezhdenii zdavookhraneniya OAO «RZhD» v 2014–2015 gg.: sbornik statisticheskikh materialov* [Activities of "RR" PLC non-state healthcare organizations in 2014–2015: statistic materials collection]. Moscow, 2016, 273 p. (in Russian).
13. Pokazateli sostoyaniya zdorov'ya rabotnikov OAO «RZhD», nerabotayushchikh pensionerov OAO «RZhD» i prikreplennogo territorial'nogo naseleniya v 2016 godu ["RR" PLC workers and their family members' health; health of retired "RR" PLC workers and health of population living on territories exposed to railroads influence, in 2016]. *Deyatel'nost' negosudarstvennykh uchrezhdenii zdavookhraneniya OAO «RZhD» v 2016 godu: sbornik statisticheskikh materialov* [Activities of "RR" PLC non-state healthcare organizations in 2016: statistic materials collection]. Moscow, 2017, 263 p. (in Russian).
14. Kas'kov Yu.N. Nauchnoe obosnovanie i realizatsiya sistemy prioritnykh mer po obespecheniyu sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya na zheleznodorozhnom transporte v usloviyakh administrativnoi reformy: avtoref. dis... doktora med. Nauk [Scientific foundations and implementation of priority activities aimed at providing sanitary-epidemiologic safety at railroad transport during administrative reforming: abstracts of a thesis... Doctor of Medical Sciences]. Moscow, 2014, 232 p. (in Russian).
15. Farkhatdinov G.A., Kas'kov Yu.N., Podkorytov Yu.I., Svitenko O.A. Aktual'nye voprosy obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskoi bezopasnosti passazhirskikh i gruzovykh perevozok zheleznodorozhnym transportom Rossii [The actual problems of supply of sanitarium and epidemiological safety of passenger and goods transportation by russian railways]. *Dezinfektsiya. Antiseptika*, 2014, vol. 5, no. 2, pp. 28–32 (in Russian).

16. Kas'kov Yu.N., Podkorytov Yu.I. K sovremennomu sostoyaniyu khimicheskogo zagryazneniya okruzhayushchei sredy na ob'ektakh zheleznodorozhnogo transporta Rossii [The Current State of Environmental Chemical Pollution In Russian Railway Transport Facilities]. *Medsina truda i ekologiya cheloveka*, 2016, no. 4, pp. 91–97 (in Russian).

17. Kapsov V.A., Mezentsev A.P., Pankova V.B. Proizvodstvenno-professional'nyi risk zheleznodorozhnikov [Occupational railroad workers risk]. Moscow, 2002, pp. 206–207 (in Russian).

18. Loginova V.A. Gigienicheskaya otsenka uslovii truda i professional'nogo riska zdorov'yu rabotnikov na ob'ektakh zheleznodorozhnogo transporta [Hygienic assessment of working conditions and occupational risk for workers health at railway transport objects]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2017, no. 2, pp. 96–101. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.10.eng

19. Analiz sanitarno-gigienicheskogo sostoyaniya promyshlennykh predpriyatii zheleznodorozhnogo transporta i professional'noi zabolevaemosti za 2014 g.: Informatsionnyi byulleten' [Analysis of sanitary-hygienic situation at railroad transport and occupational morbidity in 2014: Information bulletin]. Moscow, Upravlenie Rospotrebnadzora po zheleznodorozhnomu transportu, FBUZ «Tsentr gigeny i epidemiologii po zheleznodorozhnomu transportu» Publ., 2015, 23 p. (in Russian).

20. Analiz sanitarno-gigienicheskogo sostoyaniya promyshlennykh predpriyatii zheleznodorozhnogo transporta i professional'noi zabolevaemosti za 2016 g.: Informatsionnyi byulleten' [Analysis of sanitary-hygienic situation at railroad transport and occupational morbidity in 2016: Information bulletin]. Moscow, Upravlenie Rospotrebnadzora po zheleznodorozhnomu transportu, FBUZ «Tsentr gigeny i epidemiologii po zheleznodorozhnomu transportu» Publ., 2017, 21 p. (in Russian).

*Loginova V.A., Onishchenko G.G. Conditions which cause risk factors for railroad transport workers and population: hygienic assessment (on the example of South-Eastern Railway). Health Risk Analysis, 2018, no. 1, pp. 78–88. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.09. eng*

Получена: 28.02.2018

Принята: 12.03.2018

Опубликована: 30.03.2018



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ

УДК 615.9, 614.7

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.10

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ АЭРОЗОЛЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА МАРГАНЦА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНОСТИ ЗДОРОВЬЮ РАБОТАЮЩИХ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Н.В. Зайцева, М.А. Землянова

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Объектом исследования являлся нанодисперсный оксид марганца, синтезированный при взаимодействии ионов  $Mn^{2+}$  и  $MnO_4^-$  в присутствии нанореакторов – мицелл цетилтриметиламмония бромида, которые не входили в состав конечного продукта. Методами сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа, динамического лазерного светорассеяния, Брунауэра, Эммета, Тейлора и Баррета, Джойнера и Халенды подтверждено, что синтезированное вещество является наноматериалом с размером сечения частиц игольчатой формы преимущественно 13–29 нм (95,6 % от общего количества частиц).

Оценка острой ингаляционной токсичности проведена в соответствии с положениями «Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Острая ингаляционная токсичность – метод определения класса острой токсичности (метод АТС)» (OECD, Test № 436: 2008, IDT). Показано, что синтезированный нанодисперсный оксид марганца обладает острой токсичностью при ингаляционном поступлении в виде аэрозоля.  $CL_{50}$  при 4-часовой экспозиции для крыс самцов и самок линии Wistar массой тела  $190 \pm 10$  г и составляет  $120 \text{ мг/м}^3$ . Клиническая картина острой интоксикации характеризуется раздражающим, нейротоксическим эффектами действия, угнетением дыхания. По критерию  $CL_{50}$  ( $>50\text{--}500$ )  $\text{мг/м}^3$  тестируемое вещество относится к веществам 2-го класса опасности (в соответствии с международной системой классификации и маркировки химических веществ (GHS)) и к веществам 1-го класса опасности (в соответствии с ГОСТ 12.1.007.76. Классификация и общие требования безопасности). Полученные параметры острой ингаляционной токсичности нанодисперсного оксида марганца свидетельствуют об опасности его негативного воздействия на здоровье при экспонировании работающих в процессе производства и населения сельских территорий, а также необходимости разработки мер безопасности.

**Ключевые слова:** нанодисперсный оксид марганца, аэрозоль, ингаляционная экспозиция, концентрация частиц, токсичность, опасность для здоровья.

Наноразмерные частицы оксида марганца – перспективный наноматериал для создания высокотехнологичных компонентов, используемых в современных отраслях отечественной промышленности – наноэлектронике, нанооптике, нанохимии. В связи с этим в последнее десятилетие отмечается активный рост производства и потребления продукции, использующей в качестве одного из компонентов нанодисперсный оксид марганца. Данное вещество широко применяется при производстве полу-

проводниковых термисторов [1], солнечных батарей, различных электроприборов, катодных катализаторов, наноманитных и сорбирующих материалов [2]. Специфичной и перспективной областью применения является создания сенсоров электродов и биосенсоров, для которых могут быть использованы нитевидные частицы оксида марганца [3].

Результаты исследований Hussan, Stefanescu, Frick [4–6] позволяют предположить, что в определенных условиях наночастицы оксида

© Зайцева Н.В., Землянова М.А., 2018

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34).

Землянова Марина Александровна – доктор медицинских наук, заведующий отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики (e-mail: zem@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30).

марганца при их ингаляционном поступлении в организм могут вызывать негативные последствия для здоровья, в том числе токсического характера. Имеются данные об усилении после 24-часовой экспозиции каталитической генерации активных форм кислорода (АФК) в альвеолярных эпителиальных клетках человека [6]. Обнаружено увеличение уровня на 30 и 80 % внеклеточной и внутриклеточной окисленной формы глутатина (GSSG) соответственно [4]. Elder et al. и Oberdorster [7, 8] описывают условия, при которых наночастицы оксида марганца размером до 30 нм проявляют способность проникать по обонятельному нерву в нейроноподобные клетки РС-12 головного мозга, а также накапливаться в астроцитах, других клетках головного мозга [8, 9]. В экспериментах исследователи наблюдали незначительное угнетение митохондриальной деятельности с дозозависимым снижением содержания дофамина и его метаболитов: ди-гидроксифенилуксусной кислоты и гомованилиновой кислоты. Показано, что установленным явлениям сопутствуют значительное увеличение АФК [5, 10], нейродегенеративные нарушения уже через 2–3 недели экспозиции [7, 8], активация протеолитического расщепления, опосредованного каспазой-3 и протеинкиназой Сδ (ферментами, участвующими в процессах апоптоза, некроза и воспалительных процессах). Показана и активация цикла фосфорилирования [10–13]. Crittenden и Filipov [14] описали, что рост концентрации частиц наноксида марганца вызывает линейное увеличение уровня р38 мутагенактивной протеинкиназы. Последняя, в свою очередь, является пусковым механизмом апоптоза, преждевременной клеточной гибели. Elder et al. [7] указали на факты, свидетельствующие о том, что при воздействии вещества в среднем мозге и полосатом теле, в обонятельной луковице и лобной коре вдвое усиливается экспрессия гена фактора некроза опухоли-α. Установлено, что длительная ингаляционная экспозиция наночастиц оксида марганца формирует активацию белка трансферрина в дофаминергических нервных клетках. Выявлены также структурные изменения в белках Beclin 1 и LC3, что, в свою очередь, может указывать на потенциальную активацию процесса аутофагии [5].

В связи с этим для массового и эффективного внедрения перспективных технологий использования наноразмерного оксида марганца в промышленном производстве вопросы обеспечения безопасности работающих и населения являются актуальными. При этом особую значимость приобретает задача изучения параметров токсичности аэрозоля нанодисперсного оксида марганца при ингаляционном поступлении в организм [15].

**Материалы и методы.** Эксперимент проводили на водной суспензии нанодисперсного оксида марганца, синтезированной прямым взаимодействием ионов  $Mn^{2+}$  и  $MnO_4$  с применением мицелл цетилтриметиламмония бромида (СТАВ,  $C_{16}H_{33}(CH_3)_3NBr$ ) как нанореакторов [16]. Навеску СТАВ растворяли в спирте при комнатной температуре в течение 30 минут при интенсивном перемешивании (СТАВ/EtOH = 1:10). В спиртовой раствор СТАВ добавляли водный раствор 0,4 М  $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ . Смесь постоянно перемешивали в течение 24 часов и по каплям медленно вводили в нее 0,05 М водный раствор  $KMnO_4$ . Полученную смесь еще в течение суток перемешивали до завершения реакции. Темно-коричневый осадок промывали дистиллированной водой. Цетилтриметиламмония бромид удаляли экстракцией этанолом. Степень экстракции – не менее 98 %. Остаточную концентрацию цетилтриметиламмония бромида после экстракции определяли методом хромато-масс-спектрометрии с тандемным детектором Agilent. Матриksom суспензии являлась бидистиллированная вода, соответствующая ТУ 6-09-2502-77<sup>1</sup>.

Размер и форму частиц оксида марганца в водной суспензии оценивали методом динамического лазерного светорассеяния на анализаторе Horiba LB-550 (Horiba, Япония) (отдел химико-аналитических методов исследования ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения), методом электронной микроскопии на сканирующем микроскопе высокого разрешения (3–10 нм, максимальное увеличение 300000X) S-3400N (HITACHI, Япония) с приставкой для рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (Bruker, Германия) (кафедра химической технологии ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»).

<sup>1</sup> ТУ 6-09-2502-77. Вода особо чистая марки ОСЧ 27-5. Технические условия. – М., 1978. – 31 с.

Текстульные параметры определяли сорбцией азота при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  на приборе ASAP 2020 (Micromeritics, США) после дегазации исследуемого материала в вакууме в течение 3 часов. Удельную площадь поверхности образцов ( $S_{\text{ВЕТ}}$ ) рассчитывали по методу, предложенному Брунауэром, Эмметом и Тейлором [17]. Общий объем пор ( $V_{\text{tot}}$ ) рассчитывали из количества азота, адсорбированного при относительном давлении  $p/p_0 \approx 0,99$ . Распределение пор по размерам определяли по изотермам десорбции, используя метод Баррета, Джойнера и Халенды [18]. Структуру образца исследовали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре XRD-7000, Shimadzu, в условиях  $\text{CuK}\alpha$ -излучения в интервале углов  $2\alpha = 1-8^{\circ}$ .

Массовую концентрацию оксида марганца в суспензии определяли с помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (приборное обеспечение – Agilent 7500сх с октопольной реакционной/столкновительной ячейкой). Газ-реактант – гелий. Перед выполнением измерений с помощью ультразвукового гомогенизатора Sonopuls Hd 3200, фирма Vandelin, проводили диспергирование вещества с целью разрушения агрегатов и агломератов, возможно, образовавшихся в результате старения образца. Равномерного распределения частиц в объеме добивались непрерывной пульсацией в течение 2 минут при комнатной температуре.

Оценку острой токсичности нанодисперсного оксида марганца при ингаляционном поступлении в виде аэрозоля проводили в порядке, установленном ГОСТ 32646-2014<sup>2</sup>. Острый эксперимент осуществляли на половозрелых крысах самцах и самках линии Wistar с массой тела  $190 \pm 10\text{ г}$ . Все животные содержались по две особи в клетках стандартного размера из полипропилена. До начала эксперимента был выдержан 14-дневный карантин. Виварий был оборудован вентиляцией, температура воздуха поддерживалась на уровне  $23,0 \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , влажность – на уровне  $60,0 \pm 5,0\%$ . Животные были обеспечены полноценным полусинтетическим рационом питания. Доступ к пище и воде не ограничивали. Все исследования и процедуры строго соответствовали принципам и

стандартам Европейской конвенции по защите позвоночных животных<sup>3</sup>, что контролировалось этическим комитетом научного центра, на базе которого проводились исследования.

Ингаляционное поступление наноксида марганца обеспечивали в ингаляционной системе с камерой для всего тела типа TSE Systems GmbH и интегрированным программным модулем. Предотвращение заглатывания частиц примеси с поверхности тела достигалось размещением экспериментальных животных специальных индивидуальных домиков. Экспериментальные животные составили две опытные группы, в каждой из которых было по три самки и три самца. Ингаляционная экспозиция первой опытной группы составила 4 часа при концентрации оксида марганца  $0,05\text{ мг/дм}^3$ ; второй группы также 4 часа, но при концентрации примеси на уровне  $0,5\text{ мг/дм}^3$ . Приток и отток воздуха в ингаляционную камеру осуществляли со скоростью  $10\text{ л/мин}$ . Скорость подачи суспензии в генератор аэрозоля составила  $0,014\text{ мл/мин}$  и  $0,17\text{ мл/мин}$  соответственно. Это позволяло создать в камере равномерную циркуляцию вещества. Давление внутри камеры поддерживалось на уровне  $-0,2 \pm 0,2$  миллибара. Температуру обеспечивали порядка  $22-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Уровень содержания кислорода в камере составлял около  $19\%$ , углекислого газа – не более  $1\%$ .

Реально создаваемую концентрацию оксида марганца в ингаляционной камере оценивали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе Agilent 7500сх. Отбор проб воздуха проводили со скоростью  $0,5\text{ л/мин}$  в течение 5 минут через 2 и 4 часа экспозиции на фильтр АФА-ВГ-10-1 со скоростью  $2\text{ л/мин}$  в течение 5 минут. Определение количества наночастиц в камере (концентрации) выполнено с использованием диффузионного аэрозольного спектрометра, произведенного ООО «АэроНаноТех» (Россия).

Корма во время экспозиции экспериментальные животные не получали.

По завершении экспозиции за животными наблюдали в течение четырех дней, принимая во внимание эффекты возможной отложенной токсичности. Класс опасности по критерию средней смертельной концентрации вещества

<sup>2</sup> ГОСТ 32646-2014. Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Острая ингаляционная токсичность – метод определения класса острой токсичности (метод АТС) [Электронный ресурс]. – М.: Стандартинформ, 2015. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200116047> (дата обращения: 28.07.2017).

<sup>3</sup> Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных целей. – Страсбург, 1986. – 13 с.

( $CL_{50}$ ) определяли по показателям гибели животных с применением алгоритма, представленного в ГОСТ 32646-2014<sup>1</sup>, а также в соответствии с ГОСТ 12.1.007.76<sup>4</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование суспензии образца в концентрации  $36,0 \pm \pm 2,3$  мг/мл с остаточным содержанием СТАВ в суспензии ниже порога определения (0,00001 мг/мл) показало, что распределение частиц по размеру, соответствующего размеру поперечного сечения, имеет следующий вид: 13 нм (1,2 % от общего количества частиц), 15–29 нм (94,3 % от общего количества частиц), 33–87 нм (4,1 % от общего количества частиц). Наибольшая доля в суспензии приходится на частицы размером  $19 \pm 4$  нм (41,2 % от общего количества) (табл. 1).

По результатам сканирующей электронной микроскопии установлено, что визуализируемые частицы (частицы более 20 нм) в основном имеют нитевидную форму (97,8 % от общего количества видимых частиц).

Изотерма адсорбции – десорбции азота соответствует IV типу (изотерма с четко выраженной капиллярной конденсацией). Форма петли гистерезиса принадлежит к НЗ-типу с выраженной областью заполнения мезопор в интервале относительных давлений ( $p/p_0$ ) 0,7–1,0. Заполнение мезопор в области более высоких относительных давлений подтверждает присутствие мезопор крупного диаметра (рис. 2). Удельная площадь поверхности частиц нанодисперсного оксида марганца составила  $150,23 \text{ м}^2/\text{г}$ , общий объем пор –  $0,676 \text{ см}^3/\text{г}$ . По данным рентгенофазового анализа установлено отсутствие упорядоченной структуры мезопор (рис. 3).

Таблица 1

Дисперсность наночастиц оксида марганца в водной суспензии

Размер частиц в суспензии, мкм	Доля частиц, %	Размер частиц в суспензии, мкм	Доля частиц, %
0,0131	1,2	0,0387	0,38
0,0150	9,6	0,0443	0,64
0,0171	16,4	0,0507	0,90
0,0196	20,0	0,0581	0,73
0,0225	21,2	0,0666	0,42
0,0257	13,9	0,0762	0,39
0,0295	13,2	0,0873	0,15
0,0338	0,44		

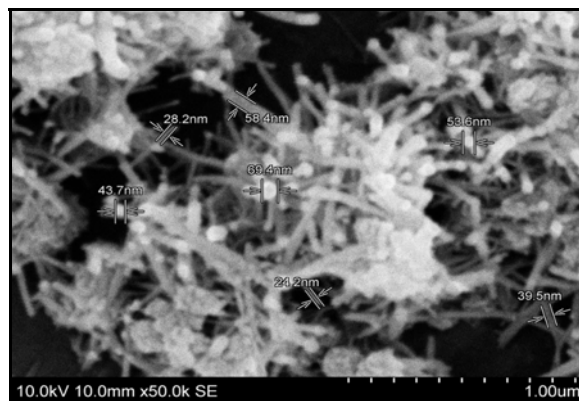


Рис. 1. Изображение частиц нанодисперсного оксида марганца методом сканирующей электронной микроскопии

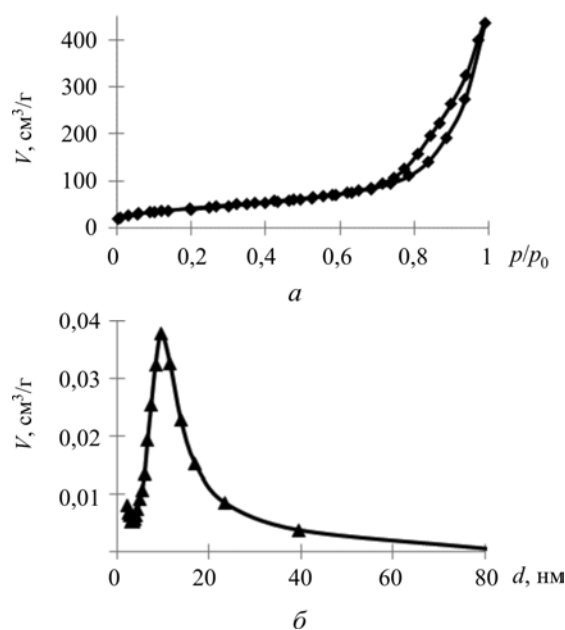


Рис. 2. Изотерма адсорбции – десорбции азота (а) и распределение пор по размерам  $d$  (нм) (б) нанодисперсного оксида марганца

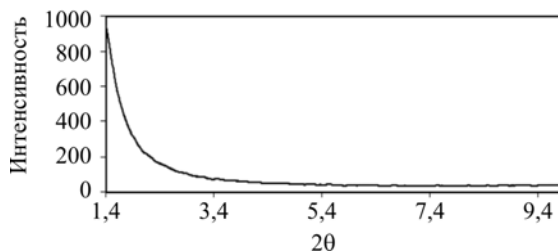


Рис. 3. Рентгенограмма нанодисперсного оксида марганца

<sup>4</sup> ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 28.07.2017).

Данные по физическим параметрам наночастиц оксида марганца, синтезированных методом темплатного синтеза, соответствовали характеристикам, требуемым для создания сенсорных электродов [3], и корректного моделирования острой ингаляционной экспозиции.

Данные аналитических измерений свидетельствовали, что при задаваемой концентрации оксида марганца 0,05 мг/л в ингаляционной камере формируется фактическая концентрация на уровне  $0,029 \pm 0,001$  мг/дм<sup>3</sup>, при задаваемой концентрации 0,6 мг/л –  $0,472 \pm 0,005$  мг/л. Результаты измерения количества наночастиц в воздухе камеры показали, что при подаче в камеру нанодисперсная фракция, переходя в аэрозоль, не агломерирует до микрометрового диапазона (табл. 2). Наибольшее количество частиц при исследованных фактических концентрациях через 2 и 4 часа экспозиции не превышало размерности 100 нм.

Клиническая картина эффектов на начальном этапе острой интоксикации аэрозолями нанодисперсного оксида марганца в фактической концентрации  $0,029 \pm 0,001$  мг/л характеризовалась появлением у всех животных чихания, кашля, прозрачных отделений из носа, что свидетельствовало о раздражении дыхательных путей. С третьего по четвертый час экспозиции у животных регистрировали учащенное дыхание, отдышку. При этом исследователи регистрировали у животных участие в акте дыхания

вспомогательной мускулатуры, вынужденную позу (выгибание спины, наклон головы и т.п.). С четвертого часа экспозиции у животных отмечали развитие угнетенного состояния с симптомами заторможенности, отсутствием реакции на звуковые раздражители, нарушением координации движения. В течение 24 часов после экспозиции у экспериментальных животных фиксировали дрожь тела, отсутствие двигательной активности, крайне слабую реакцию на звуковые раздражители, отказ от корма и воды. Через 72 часа после ингаляционного воздействия признаков угнетенного состояния не наблюдалось, животные поедали корм. Однако отмечено, что двигательная активность и реакция на звуковые раздражители были снижены. Гибели животных в эксперименте за период 96 часов наблюдения не зарегистрировано.

Клиническая картина интоксикации животных в условиях воздействия аэрозоля нанодисперсного оксида марганца в фактической концентрации  $0,472 \pm 0,005$  мг/л была несколько иной. Так, дыхательная недостаточность была отмечена уже с 30-й минуты экспозиции. Через 3 часа были отмечены угнетение дыхания и гибель животных. Зафиксировано, что перед принятием бокового положения животные были заторможены, реакция на звуковые раздражители и двигательная активность отсутствовали. 83 % экспонированных животных погибли в период 150–190 минут от начала эксперимента (табл. 3).

Таблица 2

Результаты исследований концентрации и размера частиц нанодисперсного оксида марганца в воздухе ингаляционной камеры

Показатель	Исходный уровень	Через 2 часа экспозиции	Через 4 часа экспозиции
Концентрация оксида марганца, мг/дм <sup>3</sup>	0,002	0,456	0,472
Концентрация частиц при 0–20 нм, ед./дм <sup>3</sup>	63	10421	9980
Концентрация частиц при 20–40 нм, ед./дм <sup>3</sup>	48	35 930	31 207
Концентрация частиц при 40–60 нм, ед./дм <sup>3</sup>	42	35 602	36 783
Концентрация частиц при 60–80 нм, ед./дм <sup>3</sup>	22	26 370	25 809
Концентрация частиц при 80–100 нм, ед./дм <sup>3</sup>	8	17 783	14 320

Таблица 3

Динамика гибели экспериментальных животных при исследовании острой ингаляционной токсичности аэрозоля водной суспензии нанодисперсного оксида марганца

Группа животных	Фактическая концентрация, мг/л	Число животных в группе, абс.	Сроки наблюдения в сутках (часах)				Число погибших животных	
			1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (6)	абс.	%
№ 1	$0,029 \pm 0,001$	6	0/6	0/6	0/6	0/6	0	0
№ 2	$0,472 \pm 0,005$	6	0/6	0/6	5/6	6/6	6	100

В соответствии с процедурой оценки параметры острой ингаляционной токсичности  $CL_{50}$  исследованного нанодисперсного оксида марганца приняты на уровне  $120 \text{ мг/м}^3$ . Данная концентрация укладывается в диапазон  $50\text{--}500 \text{ мг/м}^3$ , что позволяет отнести исследуемое вещество – наноразмерный оксид марганца – к веществам 2-го класса опасности по Международной системе классификации и маркировки химических веществ (GHS) и к веществам 1-го класса опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007.76<sup>3</sup>.

В процессе производства сенсорных электродов и аккумуляторных батарей применение в качестве активной матрицы нитевидных частиц нанодисперсного оксида марганца рассматривается как высокоперспективное направление. Применение вещества обуславливает его вероятное появление в воздухе рабочей зоны и дальнейшее распространение на прилегающие территории. Это определяет опасность ингаляционной экспозиции работников, занятых на производстве, и населения селитебных территорий.

Полученные в рамках исследования результаты свидетельствуют о способности исследуемых наноразмерных частиц оксида марганца вызывать негативные эффекты: раздражающий, нейротоксический, угнетение дыхания, сочетание которых могло обусловить гибель животных.

Наличие токсического эффекта вещества в отношении клеток нервной системы, развития негативных нейropsychологических эффектов при низкодозовом воздействии доказано как для наночастиц оксида марганца, так и для его микродисперсного аналога [10, 12, 19]. В основе нейротоксического механизма действия может лежать нарушение функций мембран нейронов в результате перекисного окисления мембранных липидов, вызванного прямым цитотоксическим действием наночастиц, установленным для дофаминэргических нейронов [10, 12, 20]. Данный эффект у нанодисперсных частиц может быть более выраженным по сравне-

нию с действием микродисперсного аналога в связи с большей удельной площадью поверхности нанодисперсных частиц. Клиническая картина острой интоксикации подтверждает описанный механизм токсического действия нанодисперсных частиц оксида марганца в ранее проведенных исследованиях [21]. Развитие дыхательной недостаточности может быть связано с потенциальной возможностью исследуемых наночастиц вызывать воспалительные изменения с последующим апоптозом альвеолярных эпителиоцитов. При этом, обладая большей резистентностью к мукоцилиарному удалению, наноразмерные частицы оксида марганца более длительно контактируют с клетками дыхательных путей по сравнению с микродисперсным аналогом [22]. По величине  $CL_{50}$ , равной  $120 \text{ мг/м}^3$ , нанодисперсный оксид марганца относится к веществам 2-го класса опасности в соответствии с Международной классификацией опасности химических соединений [23] и к веществам 1-го класса опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007.76<sup>3</sup>.

**Выводы.** Нанодисперсный оксид марганца с размером сечения частиц нитевидной формы преимущественно  $13\text{--}29 \text{ нм}$  обладает острой токсичностью при ингаляционном поступлении в виде аэрозоля.  $CL_{50}$  при 4-часовой экспозиции для крыс линии Wistar составляет  $120 \text{ мг/м}^3$ . Клиническая картина острой ингаляционной экспозиции характеризуется раздражающим, нейротоксическим эффектами действия, угнетением дыхания. Нейротоксический эффект сохраняется у выживших экспериментальных животных через 92 часа после экспозиции. Таким образом, можно отнести нанодисперсный оксид марганца ко 2-му классу опасности (по критерию  $CL_{50}$ ) в соответствии с Международной классификацией опасности химических соединений (GHS) и к 1-му классу опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007.76<sup>3</sup>.

### Список литературы

1. Портативный источник тока: патент Российской Федерации № 2396638 / Л.И. Трусов, В.П. Федотов, Л.Б. Красько, В.А. Гринберг, А.М. Скудин. Заявка 2009117282/09 от 07.05.2009; опубликовано 10.08.2010 [Электронный ресурс]. – URL: <http://bd.patent.su/2396000-2396999/pat/servlet/servlet9ef1.html> (дата обращения: 10.11.2009).
2. Manganese Oxide Nanoparticles / Nanopowder [Электронный ресурс] // American Elements. – URL: <http://www.americanelements.com/mnoxnp.html> (дата обращения: 23.12.2017).
3. Донцова Е.А. Сенсорные электроды на основе наночастиц диоксида марганца: дис. ... канд. хим. наук. – М., 2011. – 170 с.
4. Neurotoxicity of manganese oxide nanomaterials / D. Stefanescu, A. Khoshnan, P. Patterson, J. Hering // Journal of Nanoparticle Research. – 2009. – Vol. 8, № 11. – P. 1957–1969.

5. Hussan S.M. The interaction of manganese nanoparticles with pc-12 cells induces dopamine depletion // *Toxicol. Science.* – 2006. – Vol. 92, № 2. – P. 456–463.
6. Comparison of manganese oxide nanoparticles and manganese sulfate with regard to oxidative stress, uptake and apoptosis in alveolar epithelial cells / R. Frick, B. Müller-Edenborn, A. Schlicker, B. Rothen-Rutishauser // *Toxicol Lett.* – 2011. – № 205. – P. 163–172.
7. Translocation of Inhaled Ultrafine Manganese Oxide Particles to the Central Nervous System / A. Elder, R. Gelein, V. Silva, T. Feikert, L. Opanashuk, J. Carter, R. Potter, A. Maynard, Y. Ito, J. Finkelstein, G. Oberdörster // *Environ. Health Perspectives.* – 2006. – № 114. – P. 1172–1178.
8. Oberdorster G., Sharp Z., Atudorei V. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain // *Inhal. Toxicol.* – 2004. – № 16. – P. 437–445.
9. Prise en charge du manganisme d'origine professionnelle: Consensus d'un groupe d'experts: rapport IRSST, № 416 / C. Ostiguy, P. Asselin, S. Malo, D. Nadeau // IRSST. – Montreal, 2005. – 62 p.
10. Expression changes of dopaminergic system-related genes in PC12 cells induced by manganese, silver, or copper nanoparticles / J. Wang, M. Rahman, H. Duhart, G. Newport // *NeuroToxicology.* – 2009. – № 30. – P. 926–933.
11. General and electrophysiological toxic effects of manganese in rats following subacute administration in dissolved and nanoparticle form [Электронный ресурс] / E. Horváth, Z. Máté, S. Takács, P. Pusztai // *The Scientific World Journal.* – 2012. – URL: <http://dx.doi.org/10.1100/2012/520632> (дата обращения: 23.12.2017).
12. Manganese nanoparticle activates mitochondrial dependent apoptotic signaling and autophagy in dopaminergic neuronal cells / N.H. Afeseh, A. Kanthasamy, Y. Gu, N. Fang // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 2011. – № 256. – P. 227–240.
13. Oberdorster G. Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles // *Environmental Health Perspective.* – 2005. – № 7. – P. 823–839.
14. Crittenden P.L., Filipov N.M. Manganese-induced potentiation of in vitro proinflammatory cytokine production by activated microglial cells is associated with persistent activation of p38 MAPK // *Toxicology in Vitro.* – 2008. – № 22. – P. 18–27.
15. Исследование острой токсичности нанодисперсного оксида марганца при ингаляционном поступлении / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.Н. Звездин, Т.М. Акафьева, Е.В. Саенко // *Российские нанотехнологии.* – 2015. – Т. 10, № 5–6. – С. 117–122.
16. Meynen V., Cool P., Vansant E.F. Verified syntheses of mesoporous materials // *Microporous and mesoporous materials.* – 2009. – № 125. – P. 170–223.
17. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 1984. – 306 с.
18. Barrett E.P., Joyner L.G., Halenda P.P. The Determination of Pore Volume and Area Distributions in Porous Substances. I. Computations from Nitrogen Isotherms // *J. Am. Chem. Soc.* – 1951. – Vol. 73. – P. 373–380.
19. Neuropsychological Effects of Low-Level Manganese Exposure in Welders / W. Laohaudomchok, X. Lin, R.F. Herrick, Sh.C. Fang, J.M. Cavallari [et al.] // *Neurotoxicology.* – 2011. – Vol. 32, № 2. – P. 171–179.
20. Effects of Nano-MnO<sub>2</sub> on Dopaminergic Neurons and the Spatial Learning Capability of Rats / T. Li, T. Shi, X. Li, S. Zeng, L. Yin, Y. Pu // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2014. – № 11. – P. 7918–7930. DOI: 10.3390/ijerph110807918
21. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности нано- и микродисперсного оксида марганца (III, IV) / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.Н. Звездин, Е.В. Саенко, А.В. Тарантин, Р.Р. Махмудов, О.В. Лебединская, С.В. Мелехин, Т.И. Акафьева // *Вопросы питания.* – 2012. – Т. 81, № 5. – С. 13–19.
22. Subacute intratracheal exposure of rats to manganese nanoparticles: behavioral, electrophysiological, and general toxicological effects / L. Sárközi, E. Horváth, Z. Kónya, I. Kiricsi // *US National Library of Medicine.* – 2009. – № 1. – P. 83–91. DOI: 10.1080/08958370902939406
23. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). – New York, Geneva, 2011. – 568 p.

*Зайцева Н.В., Землянова М.А. Исследование острой токсичности аэрозоля нанодисперсного оксида марганца для прогнозирования опасности здоровью работающих и населения при ингаляционной экспозиции // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 89–97. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.10*

## RESEARCH ON ACUTE TOXICITY OF NANODISPERSE MANGANESE OXIDE AEROSOL FOR PREDICTING HEALTH HAZARDS FOR WORKERS AND POPULATION UNDER INHALATION EXPOSURE

**N.V. Zaitseva, M.A. Zemlyanova**

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

*Our research object was nanodisperse manganese oxide synthesized at  $Mn^{2+}$  and  $MnO_4$  ions interaction when nano-reactors, namely bromide cetyltrimethylammonium micelles, were present but they didn't become a part of an end product. We applied scanning electronic microscopy, X-ray phase analysis, dynamic laser light scattering, Brunauer, Emmeth, Taylor and Barret, and Joyner and Halenda techniques to confirm that the synthesized substance was a nanomaterial with particles sections having a needle form and being equal to mostly 13–29 nanometers (95.6 % of the total particles number).*

*Acute inhalation toxicity was assessed in conformity with the procedures stated in "OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4: Health Effects, Acute Inhalation Toxicity – Acute Toxic Class Method" (OECD, Test № 436:2008, IDT); it revealed that synthesized nanodisperse manganese oxide had acute toxicity when it was inhaled as an aerosol.  $CL_{50}$  under 4-hours exposure which male and female Wistar rats with body weight being equal to  $190 \pm 10$  grams had to undergo was  $120 \text{ mg/m}^3$ . Acute intoxication had the following clinical picture: irritating and neurotoxic effects, and respiratory depression. As per  $CL_{50}$  criterion ( $>50\text{--}500$ )  $\text{mg/m}^3$  the tested substance is of the 2nd hazard degree (in accordance with the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) and of the 1st hazard degree (according to the State Standard 12.1.007.76. Classification and general safety requirements). The obtained inhalation toxicity parameters which nanodisperse manganese oxide has prove the substance can exert hazardous impacts on workers' health when they are exposed to it at the work places or on population health; they also call for safety precautions development.*

**Key words:** nanodisperse manganese oxide, aerosol, inhalation exposure, particles concentration, toxicity, health hazard.

### References

1. Trusov L.I., Fedotov V.P., Kras'ko L.B., Grinberg V.A., Skundin A.M. Portativnyi istochnik toka: Patent Rossiiskoi Federatsii № 2396638/. – zayavka 2009117282/09 ot 07.05.2009; opublikovano 10.08.2010 [Portable current supply: The Russian Federation patent No. 2396638 – application No. 2009117282/09 dated May 07, 2009; published August 10, 2010]. Available at: <http://bd.patent.su/2396000-2396999/pat/servlet9ef1.html> (10.11.2009) (in Russian).
2. Manganese Oxide Nanoparticles / Nanopowder. *American Elements*. Available at: <http://www.americanelements.com/mnoxnp.html> (23.12.2017).
3. Dontsova E.A. Sensornye elektrody na osnove nanochastits dioksida margantsa: dis. ... kand. khim. nauk [Sensory electrodes based on manganese dioxide nanoparticles: thesis ... for Candidate of Chemical Sciences]. Moscow, 2011, 170 p. (in Russian).
4. Stefanescu D., Khoshnan A., Patterson P., Hering J. Neurotoxicity of manganese oxide nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 2009, vol. 8, no. 11, pp. 1957–1969.
5. Hussan S.M. The interaction of manganese nanoparticles with pc-12 cells induces dopamine depletion. *Toxicol. Science*, 2006, vol. 92, no. 2, pp. 456–463.
6. Frick R., Müller-Edenborn B., Schlicker A., Rothen-Rutishauser B. Comparison of manganese oxide nanoparticles and manganese sulfate with regard to oxidative stress, uptake and apoptosis in alveolar epithelial cells. *Toxicol Lett*, 2011, no. 205, pp. 163–172.
7. Elder A., Gelein R., Silva V., Feikert T., Opanashuk L., Carter J., Potter R., Maynard A., Ito Y., Finkelstein J., Oberdörster G. Translocation of Inhaled Ultrafine Manganese Oxide Particles to the Central Nervous System. *Environ. Health Perspectives*, 2006, no. 114, pp. 1172–1178.

© Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., 2018

**Nina V. Zaitseva** – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Research Supervisor (e-mail: [znv@fcrisk.ru](mailto:znv@fcrisk.ru); tel.: +7 (342) 237-25-34).

**Marina A. Zemlyanova** – Doctor of Medical Sciences, Head of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Techniques Department (e-mail: [zem@fcrisk.ru](mailto:zem@fcrisk.ru); tel.: +7 (342) 236-39-30).



8. Oberdorster G., Sharp Z., Atudorei V. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhal. Toxicol.*, 2004, no. 16, pp. 437–445.
9. Ostiguy C., Asselin P., Malo S., Nadeau D. Prise en charge du manganisme d'origine professionnelle: Consensus d'un groupe d'experts: rapport IRSST, № 416. IRSST, Montreal, 2005, 62 p.
10. Wang J., Rahman M., Duhart H., Newport G. Expression changes of dopaminergic system-related genes in PC12 cells induced by manganese, silver, or copper nanoparticles. *Neuro Toxicology*, 2009, no. 30, pp. 926–933.
11. Horváth E., Máté Z., Takács S., Pusztai P. General and electrophysiological toxic effects of manganese in rats following subacute administration in dissolved and nanoparticle form. *The Scientific World Journal*, 2012. Available at: <http://dx.doi.org/10.1100/2012/520632> (23.12.2017).
12. Afeseh N.H., Kanthasamy A., Gu Y., Fang N. Manganese nanoparticle activates mitochondrial dependent apoptotic signaling and autophagy in dopaminergic neuronal cells. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2011, no. 256, pp. 227–240.
13. Oberdorster G. Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. *Environmental Health Perspective*, 2005, no. 7, pp. 823–839.
14. Crittenden P.L., Filipov N.M. Manganese-induced potentiation of in vitro proinflammatory cytokine production by activated microglial cells is associated with persistent activation of p38 MAPK. *Toxicology in Vitro*, 2008, no. 22, pp. 18–27.
15. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Zvezdin V.N., Akaf'eva T.M., Saenko E.V. Issledovanie ostroi toksichnosti nanodispersnogo oksida margantsa pri ingalyatsionnom postuplenii [Acute inhalation toxicity of manganese oxide nanoparticles]. *Rossiiskie nanotekhnologii*, 2015, vol. 10, no. 5–6, pp. 117–122 (in Russian).
16. Meynen V., Cool P., Vansant E.F. Verified syntheses of mesoporous materials. *Microporous and mesoporous materials*, 2009, no. 125, pp. 170–223.
17. Greg S., Sing K. Adsorbtsiya, udel'naya poverkhnost', poristost [Adsorption, specific surface, porosity]. Moscow, Mir Publ., 1984, 306 p. (in Russian).
18. Barrett E.P., Joyner L.G., Halenda P.P. The Determination of Pore Volume and Area Distributions in Porous Substances. I. Computations from Nitrogen Isotherms. *J. Am. Chem. Soc.*, 1951, vol. 73, pp. 373–380.
19. Laohaudomchok W., Lin X., Herrick R.F., Fang Sh.C., Cavallari J.M. [et al.]. Neuropsychological Effects of Low-Level Manganese Exposure in Welders. *Neurotoxicology*, 2011, vol. 32, no. 2, pp. 171–179.
20. Li T., Shi T., Li X., Zeng S., Yin L., Pu Y. Effects of Nano-MnO<sub>2</sub> on Dopaminergic Neurons and the Spatial Learning Capability of Rats. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2014, no. 11, pp. 7918–7930. DOI: 10.3390/ijerph110807918
21. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Zvezdin V.N., Saenko E.V., Tarantin A.V., Makhmudov R.R., Lebedinskaya O.V., Melekhin S.V., Akaf'eva T.I. Toksikologo-gigienicheskaya otsenka bezopasnosti nano- i mikrodispersnogo oksida margantsa (III, IV) [Hygienic and toxicological safety estimation of nano- and microdispersed manganese oxide (III, IV)]. *Voprosy pitaniya*, 2012, vol. 81, no. 5, pp. 13–19 (in Russian).
22. Sárközi L., Horváth E., Kónya Z., Kiricsi I. Subacute intratracheal exposure of rats to manganese nanoparticles: behavioral, electrophysiological, and general toxicological effects. *US National Library of Medicine*, 2009, no. 1, pp. 83–91. DOI: 10.1080/08958370902939406
23. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). New York, Geneva, 2011, 568 p.

Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A. Research on acute toxicity of nanodisperse manganese oxide aerosol for predicting health hazards for workers and population under inhalation exposure. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 89–97. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.10.eng

Получена: 11.01.2018

Принята: 20.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

## ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИМИДИН-4-ОНА НА ПОКАЗАТЕЛИ АУТОРЕГУЛЯЦИИ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ И ВАЗОДИЛАТИРУЮЩУЮ ФУНКЦИЮ ЭНДОТЕЛИЯ СОСУДОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС НА ФОНЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ГЕМИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ

А.В. Воронков, А.С. Лысенко, А.Ф. Бандура

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Россия, 357532, г. Пятигорск, пр. Калинина, 11

*Изучалось влияние новых производных пириимидин-4-она под шифрами БЛ0 и БЛ2 на показатели ауторегуляции церебральной гемодинамики и вазодилатирующую функцию эндотелия сосудов головного мозга как факторов риска развития ишемических и геморрагических инсультов на фоне хронической гемической гипоксии.*

*В эксперименте на белых крысах линии Wistar доказано, что эндотелиальная дисфункция, которая развивается на фоне хронической гемической гипоксии, приводит к нарушению эндотелиопосредованных механизмов ауторегуляции мозгового кровообращения у крыс. Гипоксия моделировалась путем свободного доступа животных к 0,2 % раствору нитрита натрия вместо обычной питьевой воды. Эндотелиальную дисфункцию подтверждали по нарушению реакции вазодилатации и вазоконстрикции при внутривенном введении ацетилхолина (0,1 мг/кг) и нитро-L-аргинина метилового эфира гидрохлорида (10 мг/кг). Скорость мозгового кровотока измеряли при помощи ультразвукового доплерографа ММ-Д-К-Minimax Doppler v.2.1. Ауторегуляцию мозгового кровообращения оценивали по результатам компрессионного теста, который позволяет рассчитать коэффициент овершута и силу ауторегуляции. Исследуемые производные пириимидин-4-она и препараты сравнения вводили перорально за 60 минут до снятия показателей. Доза мексидола рассчитывалась исходя из межвидового пересчета максимальной суточной дозы для человека. Доза ницерголина была взята как наиболее эффективная по литературным данным*

*Применение на фоне хронической гемической гипоксии новых производных пириимидин-4-она БЛ0 и БЛ2 увеличивает коэффициент овершута достоверно выше, чем в группе негативного контроля, но не оказывает положительного влияния на показатель коллатерального резерва – силу ауторегуляции. БЛ0 и БЛ2 улучшают вазодилатирующую функцию эндотелия на внутривенное введение ацетилхолина (0,1 мг/кг) и не оказывают влияния на вазоконстрикторную функцию при внутривенном введении L-NAME (10 мг/кг). Исследуемое вещество БЛ0 оказывает более выраженный фармакологический эффект, превосходя второе соединение БЛ2 и препараты сравнения (мексидол и ницерголин) по некоторым показателям.*

**Ключевые слова:** крысы, хроническая гемическая гипоксия, ауторегуляция церебральной гемодинамики, новые производные пириимидин-4-она, мексидол, ницерголин.

Нарушение эндотелиальной функции, как известно, существенно повышает риск развития ишемических и геморрагических инсультов, приводящих к гибели или серьезной инвалидизации больных [1–3]. Основным патогенетическим звеном развития функциональной недостаточности эндотелия является активация окислительного стресса при различных видах гипоксии, в том числе гемической [4, 5]. Окислительный стресс интенсифицирует нарушения

кровообращения, повреждение эндотелия сосудов, изменения выработки оксида азота, отрицательные реологические изменения и т.д., что ухудшает течение основного патологического процесса [6–8]. Эндотелиальная дисфункция приводит к нарушению механизмов ауторегуляции мозгового кровотока, основной функцией которой является поддержание постоянной скорости в церебральных сосудах [9–14]. Необходимость поиска средств минимизации рисков

© Воронков А.В., Лысенко А.С., Бандура А.Ф., 2018

**Воронков Андрей Владиславович** – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой фармакологии с курсом клинической фармакологии (e-mail: prohor.77@mail.ru; тел.: 8 (879) 332-92-66).

**Лысенко Александр Сергеевич** – аспирант кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии (e-mail: a.s.lysenko@bk.ru; тел.: 8 (962) 42-42-161).

**Бандура Александр Феликсович** – кандидат фармацевтических наук, преподаватель кафедры организации и экономики фармации (e-mail: alex\_paris@mail.ru; тел.: 8 (918) 824-34-07).

развития патологий, связанных с нарушением ауторегуляции церебральной гемодинамики в условиях гипоксических состояний головного мозга, является актуальной и интересной.

**Цель исследования** – изучить влияние новых производных пиримидин-4-она БЛ0 и БЛ2 на показатели ауторегуляции мозгового кровообращения и вазодилатирующую функцию эндотелия сосудов головного мозга крыс на фоне хронической гемической гипоксии.

**Материалы и методы.** Эксперимент был выполнен на 60 крысах-самцах линии Wistar массой 200–250 грамм. Животные были разделены на шесть групп ( $n = 10$ ): первая группа – интактная; вторая – животные с хронической гемической гипоксией; третья – животные с хронической гемической гипоксией, получающие новое производное пиримидин-4-она БЛ0 (50 мг/кг); четвертая – животные с хронической гемической гипоксией, которые получали новое производное пиримидин-4-она БЛ2 (50 мг/кг); 5-я – животные с хронической гемической гипоксией, получающие препарат сравнения мексидол (74 мг/кг) [15]; 6-я – животные с хронической гемической гипоксией, получающие препарат сравнения ницерголин (10 мг/кг).

Хроническую гемическую гипоксию моделировали свободным доступом животных к 0,2 % раствору натрия нитрита вместо обычной воды в течение 14 дней [9, 16].

Новые исследуемые производные пиримидин-4-она и препараты сравнения вводили перорально за 60 минут до снятия показателей. Доза мексидола рассчитывалась исходя из межвидового пересчета максимальной суточной дозы для человека. Доза ницерголина была взята как наиболее эффективная по литературным данным [17].

Через две недели формирования хронической гемической гипоксии проводили оценку функциональности эндотелия сосудов головного мозга [11, 18].

Способность сосудов головного мозга к саморегуляции оценивали по результатам каротидного теста. Компрессия общей сонной артерии приводит к резкому снижению скорости кровотока, а декомпрессия – к резкому увеличению линейной скорости. Данные этого теста позволяют оценить резервы ауторегуляции по расчетным коэффициентам: коэффициенту овершута (КО) (1) и силе ауторегуляции (2):

$$КО = \frac{V_3}{V_1}, \quad (1)$$

$$CAP = \frac{V_3 V_2}{V_1^2}, \quad (2)$$

где  $V_1$  – скорость мозгового кровотока до компрессии;

$V_2$  – скорость мозгового кровотока во время компрессии;

$V_3$  – скорость мозгового кровотока после деокклюзии.

Статистическую обработку данных проводили при помощи стандартного пакета Microsoft Office Excel 2010. Достоверность оценивали по критерию Манна–Уитни.

**Результаты и их обсуждение.** В результате компрессионного теста значение коэффициента овершута в контрольной группе составило  $1,01 \pm 0,02$  и было достоверно ниже такового в интактной группе –  $1,25 \pm 0,03$ . В группах животных, которые за 60 минут до снятия показателей получали новые производные пиримидин-4-она БЛ0 и БЛ2, значения коэффициента овершута были достоверно выше данных контрольной группы и ниже, чем в интактной, но превосходили данные, связанные с применением препарата сравнения – мексидола. У животных, которые получали препараты сравнения (мексидол и ницерголин), значения коэффициента овершута имели тенденцию роста, но значительно не отличались от показателей контрольной группы (рис. 1).

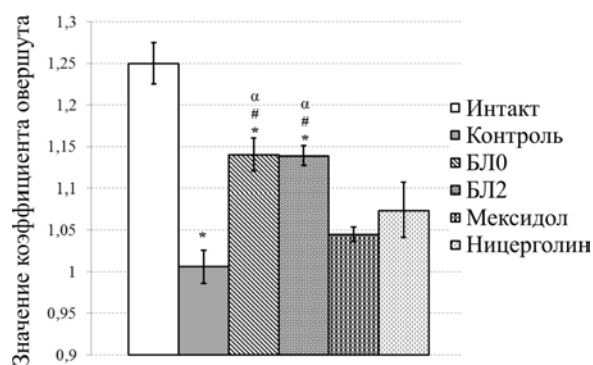


Рис. 1. Значение коэффициента овершута в экспериментальных группах:

\* – достоверно относительно интактной группы ( $p < 0,05$ ); # – достоверно относительно контрольной группы ( $p < 0,05$ ); α – достоверно относительно группы, которая получала мексидол ( $p < 0,05$ )

Сила ауторегуляции в контрольной группе имела значение  $0,61 \pm 0,041$ , что достоверно ниже таковых в интактной группе, в которой этот показатель составил  $0,80 \pm 0,043$ . У животных, получавших исследуемые вещества БЛ0 и БЛ2, а также мексидол, показатели силы

ауторегуляции не имели достоверных отличий от контрольной группы и были ниже, чем значения интактной группы. В группе, которая получала препарат сравнения – ницерголин, показатель силы ауторегуляции не имел достоверных отличий ни относительно контрольной группы, ни относительно интактной (рис. 2).

Исследование реактивности сосудов головного мозга на ультразвуковом доплерографе показало, что в контрольной группе реакция вазодилатации на внутривенное введение АЦХ (0,1 мг/кг) была достоверно ниже, чем в интактной, и составила  $12,7 \pm 1,58 \%$ , а в интактной группе этот показатель был равен  $23,7 \pm 2,14 \%$ . Исследуемые новые производные пириимидин-4-она БЛ0 и БЛ2, а также препараты сравнения мексидол и ницерголин достоверно увеличивали реакцию сосудов на внутривенное введение модулятора эндогенного оксида азота относительно контрольной группы. Стоит отметить, что в группе, которая получала мексидол, увеличение скорости мозгового кровотока составило  $35,2 \pm 2,09 \%$ , что достоверно выше показателей интактной группы. Реакция вазодилатации у крыс, которые получали БЛ0, имела тенденцию превышения данных интактной группы, но не имела достоверного отличия, однако значения были ниже таковых группы, получавшей мексидол, –  $28,0 \pm 1,81 \%$ .

Уменьшение скорости мозгового кровотока на внутривенное введение L-NAME (10 мг/кг) в контрольной группе составило –  $11,5 \pm 1,43 \%$ , что достоверно меньше значений интактной группы, в которой этот показатель составил –  $22,0 \pm 1,44 \%$ . У животных, которые получали БЛ0, БЛ2 и мексидол, реакция вазоконстрикции была достоверно ниже значений интактной группы и не имела значимого отличия от таковой в контрольной. На фоне применения ницерголина

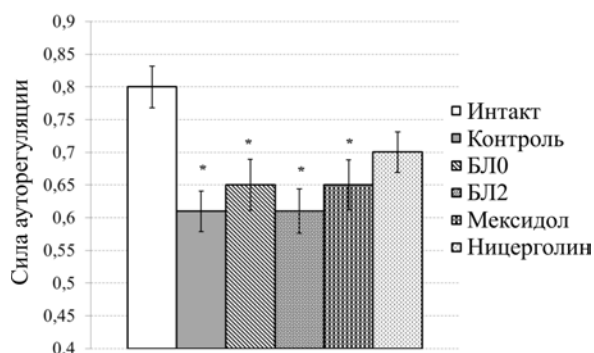


Рис. 2. Значения силы ауторегуляции церебральной гемодинамики в экспериментальных группах: \* – достоверно относительно интактной группы ( $p < 0,05$ )

уменьшение скорости мозгового кровотока при внутривенном введении ингибитора e-NOS составило –  $21,0 \pm 2,1 \%$ , что достоверно выше значений контрольной группы и не отличается от показателей у интактных животных (рис. 3).

Уменьшение реакции вазодилатации при внутривенном введении ацетилхолина и вазоконстрикции при внутривенном введении L-NAME на 50 % в контрольной группе относительно интактной на фоне хронической гемической ишемии с учетом достоверного снижения коэффициента овершута и силы ауторегуляции свидетельствует о нарушении эндотелийопосредованных механизмов ауторегуляции церебральной гемодинамики.

**Выводы.** Применение новых производных пириимидин-4-она БЛ0 и БЛ2 в равной степени увеличивает коэффициент овершута относительно контрольной группы, превосходя препараты сравнения. Изучаемые соединения и препараты сравнения не оказали положительного влияния на силу ауторегуляции. БЛ0, БЛ2, мексидол и ницерголин восстанавливали вазодилатирующую функцию эндотелия на внутривенное введение ацетилхолина относительно контрольной группы. Несмотря на превосходство мексидола, новое производное пириимидин-4-она БЛ0 уступает ему в незначительной степени.

Таким образом, исходя из совокупности полученных данных, можно сделать вывод, что новые производные пириимидин-4-она БЛ0 и БЛ2 оказывают положительное влияние на показатели ауторегуляции церебральной гемодинамики и вазодилатирующую функцию эндотелия и превосходят по некоторым показателям препараты сравнения, что вызывает интерес к их дальнейшему исследованию с позиции оценки и минимизации рисков для здоровья человека.

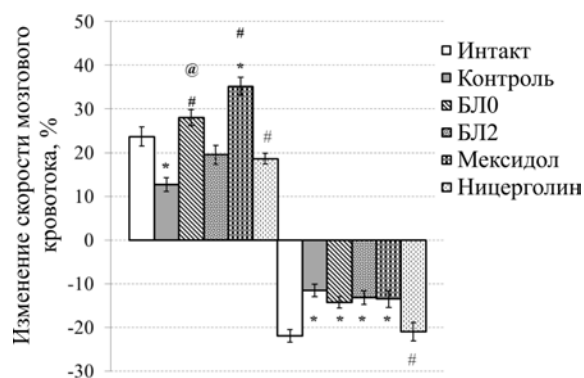


Рис. 3. Доля (%) изменения скорости мозгового кровотока на внутривенное введение АЦХ и L-NAME: \* – достоверно относительно интактной группы ( $p < 0,05$ ); # – достоверно относительно контрольной группы ( $p < 0,05$ ); @ – достоверно относительно группы, которая получала мексидол ( $p < 0,05$ )

### Список литературы

1. Vatter H., Konczalla J., Seifert V. Endothelin related pathophysiology in cerebral vasospasm: what happens to the cerebral vessels? // *Acta Neurochirurgica Supplementum*. – 2011. – Vol. 110. – P. 177–180.
2. Peterson E.C., Wang Z., Brits G. Regulation of Cerebral Blood Flow // *International Journal of Vascular Medicine*. – 2011. – Vol. 2011. – Article ID 823525. – 8 p. DOI: 10.1155/2011/823525
3. Time-dependent correlation of cerebral blood flow with oxygen metabolism in activated human visual cortex as measured by fMRI / A.L. Lin, P.T. Fox, Y. Yang, H. Lu, L.H. Tan, J.H. Gao // *Neuroimage*. – 2009. – Vol. 1, № 44. – P. 16–22.
4. Воронков А.В., Поздняков Д.И., Мамлеев А.В. Изучение вазодилатирующей и антитромботической функций эндотелия сосудов головного мозга крыс на различных моделях его ишемического повреждения // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 5. – С. 264.
5. Котова О.В. Дисциркуляторная энцефалопатия: новые возможности комбинированной терапии // *Эффективная фармакотерапия*. – 2013. – № 32. – С. 64–70.
6. Антиоксидантная терапия эндотелиальной дисфункции / И.Н. Тюренков, А.В. Воронков, А.А. Слиецанс, Е.Г. Доркина, Г.Л. Снигур // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. – 2013. – Т. 11, № 1. – С. 14–25.
7. Зависимость между антиоксидантным действием флавоноидов и их влиянием на вазодилатирующую функцию эндотелия в условиях эндотелиальной дисфункции / И.Н. Тюренков, А.В. Воронков, А.А. Слиецанс, Е.Г. Доркина // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. – 2010. – Т. 73, № 10. – С. 14–16.
8. Тюренков И.Н., Воронков А.В., Слиецанс А.А. Роль эндотелиальной дисфункции в развитии сосудистых осложнений сахарного диабета // *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. – 2013. – № 2. – С. 80–84.
9. Воронков А.В., Лысенко А.С. Влияние хронической гемической гипоксии на функцию эндотелия и показатели ауторегуляции церебральной гемодинамики у крыс // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2016. – № 4–5 (46). – С. 85–88.
10. Козловский В.И. Механизмы регуляции коронарного кровотока, опосредованной эндотелиальными сосудорасширяющими факторами: монография. – Гродно: Гр. ГМУ, 2011. – 216 с.
11. Оценка ауторегуляции церебральной гемодинамики у крыс самок при эндотелиальной дисфункции, вызванной недостаточностью половых гормонов / А.В. Воронков, Н.Г. Лавинский, А.В. Арльт, А.С. Лысенко // *Здоровье и образование в XXI веке: журнал научных статей*. – 2016. – Т. 18, № 3. – С. 107–111.
12. Товажнянская Е.Л., Дубинская О.И., Безуглая И.О. Нарушение ауторегуляции мозгового кровотока как фактор развития мозговых дисциркуляций при сахарном диабете 2-го типа // *Международный неврологический журнал*. – 2012. – Т. 50, № 4. – С. 43–47.
13. A critical role for the vascular endothelium in functional neurovascular coupling in the brain / B.R. Chen, M.G., Kozberg M.B. Bouchard, M.A. Shaik, E.M. Hillman // *J. Am. Heart Assoc.* – 2014. – № 3. – P. e000787. DOI: 10.1161/JAHA.114.000787
14. Endothelial dysfunction in diabetes / A.S. De Vriese, T.J. Verbeuren, J. Van de Voorde, N.H. Lameire, P.M. Vanhoutte // *British Journal of Pharmacology*. – 2009. – Vol. 130, № 5. – P. 963–974.
15. Влияние мексидола и сулодексида на уровень специфических маркеров развития эндотелиальной дисфункции у животных с экспериментальным сахарным диабетом / И.Н. Тюренков, А.В. Воронков, А.А. Слиецанс, Г.Л. Снигур // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. – 2012. – Т. 75, № 5. – С. 14–16.
16. Влияние оксида азота на морфологию плаценты и активность плацентарных макрофагов при неосложненной беременности в эксперименте / А.С. Иванова, Л.П. Перетятко, В.И. Демидов, С.Б. Назаров // *Архив патологии*. – 2014. – № 4. – С. 35–38.
17. Влияние ницерголина на ауторегуляторные реакции сосудов мозга при гипоперфузионных нарушениях мозгового кровообращения / Т.Е. Онбыш, В.Е. Погорелый, Л.М. Макарова, Н.Е. Слюнькова // *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов*. – Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2005. – Вып. 60. – С. 401–402.
18. Тюренков И.Н., Воронков А.В. Методический подход к оценке эндотелиальной дисфункции в эксперименте // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. – 2008. – Т. 71, № 1. – С. 49–51.

*Воронков А.В., Лысенко А.С., Бандура А.Ф. Влияние новых производных пиримидин-4-она на показатели ауторегуляции мозгового кровообращения и вазодилатирующую функцию эндотелия сосудов головного мозга крыс на фоне хронической гемической гипоксии // Анализ риска здоровья. – 2018. – № 1. – С. 98–103. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.11*

## INFLUENCE EXERTED BY NEW PYRIMIDINE DERIVATIVES ON CEREBRAL CIRCULATION AUTO-REGULATION AND VASODILATING FUNCTION OF VESSELS ENDOTHELIUM IN RATS' BRAINS UNDER CHRONIC HEMIC HYPOXIA

**A.V. Voronkov, A.S. Lysenko, A.F. Bandura**

Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute of Volgograd Medical State University, 11 Kalinina avenue, Pyatigorsk, 357532, Russian Federation

*Our research goal was to examine influences exerted by new pyrimidine derivatives coded as BL0 and BL2 on cerebral hemodynamics auto-regulation parameters and vasodilating function of vessels endothelium as risk factors causing ischemic and hemorrhagic strokes under chronic hemic hypoxia.*

*We performed an experiment on white Wistar rats to prove that endothelial dysfunction which evolves under chronic hemic hypoxia leads to disorders in endothelium-mediated mechanisms for cerebral circulation auto-regulation in rats. We modeled hypoxia in animals via granting them free access to 0.2 % sodium nitrite solution instead of ordinary drinking water. Endothelial dysfunction was confirmed as per disorders in vasodilatation and vasoconstriction reactions at intravenous introduction of acetyl choline (0.1 mg/kg) and methyl ether hydrochloride nitro-L-arginine (10 mg/kg). Cerebral blood flow speed was measured with MM-D-K-Minimax v.2.1. ultrasound Doppler. We assessed cerebral circulation auto-regulation as per compression test results which allowed us to calculate overshoot coefficient and auto-regulation power. Examined pyrimidine derivatives and comparison preparations were introduced orally 60 minutes prior to taking readings. Mexidol doses were calculated on the basis of interspecific recalculation of a maximum daily dose for a man. Nicergoline dose was taken as a most effective one as per literature data.*

*When new pyrimidine derivatives BL0 and BL2 are applied under chronic hemic hypoxia, it causes overshoot coefficient to grow authentically higher than in a negative control group but it doesn't exert any positive influence on collateral reserve parameter, namely auto-regulation power. BL0 and BL2 improve endothelium vasodilating function at intravenous acetylcholine introduction (0.1 mg/kg) and don't exert any influence on vasoconstricting function at L-NAME intravenous introduction (10 mg/kg). The examined substance BL0 has more apparent pharmacological effects thus exceeding the second substance BL2 and such comparison preparations as Mexidol and Nicergoline in some parameters.*

**Key words:** chronic hemic hypoxia, cerebral hemodynamics auto-regulation, new pyrimidine derivatives, Mexidol, Nicergoline, rats.

### References

1. Vatter H., Konczalla J., Seifert V. Endothelin related pathophysiology in cerebral vasospasm: what happens to the cerebral vessels? *Acta Neurochirurgica Supplementum*, 2011, vol. 110, pp. 177–180.
2. Peterson E.C., Wang Z., Brits G. Regulation of Cerebral Blood Flow. *International Journal of Vascular Medicine*, 2011, vol. 2011, Article ID 823525, 8 pages. DOI: 10.1155/2011/823525
3. Lin A.L., Fox P.T., Yang Y., Lu H., Tan L.H., Gao J.H. Time-dependent correlation of cerebral blood flow with oxygen metabolism in activated human visual cortex as measured by fMRI. *Neuroimage*, 2009, vol. 1, no. 44, pp. 16–22. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2008.08.029
4. Voronkov A.V., Pozdnyakov D.I., Mamleev A.V. Izucheniye vazodiliruyushchei i antitromboticheskoi funktsii endoteliya sudov golovnog mozga krys na razlichnykh modelyakh ego ishemiicheskogo povrezhdeniya [The study of the vasodilating and antithrombotic function of the endothelium of brain vessels of rats in various models of ischemic injury]. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 5, pp. 264 (in Russian).
5. Kotova O.V. Distirkulyatornaya entsefalopatiya: novye vozmozhnosti kombinirovannoi terapii [Circulatory encephalopathy: new opportunities of the combination therapy]. *Effektivnaya farmakoterapiya*, 2013, no. 32, pp. 64–70 (in Russian).

© Voronkov A.V., Lysenko A.S., Bandura A.F., 2018

**Andrei V. Voronkov** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of Pharmacological Department with Clinical Pharmacology course (e-mail: prohor.77@mail.ru; tel.: +7 (879) 332-92-66).

**Aleksandr S. Lysenko** – post-graduate student at Pharmacological Department with Clinical Pharmacology course (e-mail: a.s.lysenko@bk.ru; tel.: +7 (962) 42-42-161).

**Aleksandr F. Bandura** – Candidate of Pharmaceutical Sciences, a lecturer at Pharmacy Organization and Economics Department (e-mail: alex\_paris@mail.ru; tel.: +7 (918) 824-34-07).

6. Tyurenkov I.N., Voronkov A.V., Slietsans A.A., Dorkina E.G., Snigur G.L. Antioksidantnaya terapiya endotelial'noi disfunktsii [Antioxidant therapy of endothelialdysfunction]. *Obzory po klinicheskoi farmakologii i lekarstvennoi terapii*, 2013, vol. 11, no. 1, pp. 14–25 (in Russian).
7. Tyurenkov I.N., Voronkov A.V., Slietsansi A.A., Dorkina E.G. Zavisimost' mezhdu antioksidantnym deistviem flavonoidov i ikh vliyaniem na vazodilatiroyushchuyu funktsiyu endoteliya v usloviyakh endotelial'noi disfunktsii [Relationship between the antioxidant effect of flavonoids and their effect on the vasodilating function of endothelium under endothelial dysfunction conditions]. *Ekspperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, 2010, vol. 73, no. 10, pp. 14–16 (in Russian).
8. Tyurenkov I.N., Voronkov A.V., Slietsans A.A. Rol' endotelial'noi disfunktsii v razvitii sosudistyykh oslozhnenii sakharnogo diabeta [Role of endothelial dysfunction in the development of vascular complications of diabetes]. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*, 2013, no. 2, pp. 80–84 (in Russian).
9. Voronkov A.V., Lysenko A.S. Vliyanie khronicheskoi gemicheskoi gipoksii na funktsiyu endoteliya i pokazateli autoregulyatsii tserebral'noi gemodinamiki u kryss [Influence of chronic hemic hypoxia on endothelial function and indicators of autoregulation of cerebral hemodynamics in rats]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2016, vol. 46, no. 4–5, pp. 85–88 (in Russian).
10. Kozlovskii V.I. Mekhanizmy regul'yatsii koronarnogo krovotoka, oposredovannoi endotelial'nymi sosudorasshiryayushchimi faktorami: monografiya [Mechanisms for coronary blood flow regulation mediated with endothelial vasodilatory factors: monograph]. Grodno: Gr. GMU Publ., 2011, 216 p (in Russian).
11. Voronkov A.V., Lavinskii N.G., Arl't A.V., Lysenko A.S. Otsenka autoregulyatsii tserebral'noi gemodinamiki u kryss samok pri endotelial'noi disfunktsii, vyzvannoi nedostatochnost'yu polovykh gormonov [Assessment of cerebral haemodynamicautoregulation of female rats in condition of endothelium dysfunction caused by insufficiency of reproductive hormones]. *Zhurnal nauchnykh statei Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*, 2016, vol. 18, no. 3, pp. 107–111 (in Russian).
12. Tovazhnyanskaya E.L., Dubinskaya O.I., Bezuglaya I.O. Narushenie autoregulyatsii mozgovogo krovotoka kak faktor razvitiya mozgovykh distsirkulyatsii pri sakharnom diabete 2-gotipa [Autoregulation Disorders of Cerebral Blood Flow as a Factor of Cerebral Dycirculations Development at Diabetes Mellitus Type 2]. *Mezhdunarodnyi nevrologicheskii zhurnal*, 2012, vol. 50, no. 4, pp. 43–47 (in Russian).
13. Chen B.R., Kozberg M.G., Bouchard M.B., Shaik M.A., Hillman E.M. A critical role for the vascular endothelium in functional neurovascular coupling in the brain. *J. Am. Heart Assoc*, 2014, no. 3, e000787. DOI: 10.1161/JAHA.114.000787.
14. De Vriese A.S., Verbeuren T.J., Van de Voorde J., Lameire N.H., Vanhoutte P.M. Endothelial dysfunction in diabetes. *British Journal of Pharmacology*, 2009, vol. 130, no. 5, pp. 963–974.
15. Tyurenkov I.N., Voronkov A.V., Slietsans A.A., Snigur G.L. Vliyanie meksidola i sulodeksida na uroven' spetsificheskikh markerov razvitiya endotelial'noi disfunktsii u zhivotnykh s eksperimental'nym sakharnym diabtom [Effects of Mexidol and Sulodexide on the Level of Specific Markers of Endothelial Dysfunction in Animals with Experimental Diabetes Mellitus]. *Ekspperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, 2012, vol. 75, no. 5, pp. 14–16 (in Russian).
16. Ivanova A.S., Peretyatko L.P., Demidov V.I., Nazarov S.B. Vliyanie oksida azota na morfologiyu platsenty i aktivnost' platsentarnykh makrofagov pri neoslozhnennoi beremennosti v eksperimente [Effect of nitric oxide on the morphology of the placenta and the activity of placental macrophages during uncomplicated pregnancy in the experiment]. *Arkhivpatologii*, 2014, no. 4, pp. 35–38 (in Russian).
17. Onbysh T.E., Pogorelyi V.E., Makarova L.M., Slyun'kova N.E. Vliyanie nitsergolina na autoregulyatornye reaktzii sosudov mozga pri gipoperfuzionnykh narusheniyakh mozgovogo krovoobrashcheniya [Impacts exerted by Nicergoline on cerebral vessels auto-regulatory functions under hypoperfusional disorders in cerebral circulation]. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktsii: sbornik nauchnykh trudov [Development, examination, and marketing of new pharmaceuticals: scientific works collection]*. Pyatigorsk, Pyatigorskaya GFA Publ., 2005, vol. 60, pp. 401–402 (in Russian).
18. Tyurenkov I.N., Voronkov A.V. Metodicheskii podkhod k otsenke endotelial'noi disfunktsii v eksperimente [A new methodological approach to the experimental estimation of endothelial dysfunction]. *Ekspperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, 2008, vol. 71, no. 1, pp. 49–51 (in Russian).

Voronkov A.V., Lysenko A.S., Bandura A.F. Influence exerted by new pyrimidine derivatives on cerebral circulation auto-regulation and vasodilating function of vessels endothelium in rats' brains under chronic hemic hypoxia. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 98–103. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.11.eng

Получена: 17.01.2018

Принята: 12.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

# ИНФОРМИРОВАНИЕ О РИСКАХ. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

---

УДК 614.38

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.12

## МЕЖВЕДОМСТВЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ КУБКА КОНФЕДЕРАЦИЙ FIFA 2017 Г. В Г. КАЗАНИ

**М.А. Пяташина, М.В. Трофимова, Л.Г. Авдоница, Л.Т. Гараева, Г.Р. Мансурова**

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека  
по Республике Татарстан (Татарстан), Россия, г. Казань, ул. Б. Красная, 30

---

*Актуальность исследования определялась особой значимостью защиты используемых в практической работе коллекций возбудителей инфекционных болезней человека и животных, являющихся потенциальными объектами биотерроризма, в том числе в период проведения массовых спортивных, политических, культурных мероприятий. Цель исследования состояла в анализе работы межведомственной рабочей группы по обследованию объектов, расположенных в районе проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 г., и осуществляющих работы с биологическими веществами, биологическими и микробиологическими организмами и возбудителями инфекционных заболеваний II–IV групп патогенности. Основной задачей рабочей группы являлась минимизация биологических рисков при работе с патогенными биологическими агентами. Исследование предусматривало изучение правовых документов (в том числе международных), регламентирующих требования по биологической безопасности при работе с патогенными биологическими агентами; рассмотрение организации совместной работы с УФСБ России по Республике Татарстан, Антитеррористической комиссией Республики Татарстан по обеспечению антитеррористической защищенности организаций, осуществляющих работы с возбудителями инфекционных заболеваний, в том числе общих для человека и животных, на примере опыта Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан; анализ работы межведомственной рабочей группы.*

*Показано, что в период подготовки и проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. в городе Казани эффективное межведомственное взаимодействие позволило обеспечить на территории города Казани и прилегающих районов биологическую безопасность, не допустить выход патогенов во внешнюю среду и возможность использования патогенных биологических агентов в целях биотерроризма.*

**Ключевые слова:** антитеррористическая защищенность, инфекционные болезни, биологическая безопасность, биориск, биотерроризм, биологически опасный объект.

---

Управление Роспотребнадзора по Республике Татарстан (далее – Управление) осуществляет контроль за обеспечением биологической безопасности на территории Республики Татар-

---

© Пяташина М.А., Трофимова М.В., Авдоница Л.Г., Гараева Л.Т., Мансурова Г.Р., 2018

**Пяташина Марина Александровна** – доктор медицинских наук; руководитель (e-mail: org@16.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (843) 238-98-54).

**Трофимова Марина Викторовна** – заместитель руководителя (e-mail: org@16.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (843) 238-98-54).

**Авдоница Любовь Геннадьевна** – заместитель руководителя (e-mail: org@16.rospotrebnadzor.ru; тел.: (843) 238-98-54).

**Гараева Лилия Тальгатовна** – начальник отдела государственной регистрации и лицензирования (e-mail: Garaeva.LT@tatar.ru; тел.: 8 (843) 238-53-28).

**Мансурова Гузель Рашитовна** – специалист-эксперт отдела государственной регистрации и лицензирования (e-mail: rpn.licenz@tatar.ru; тел.: 8 (843) 238-53-28).



стан<sup>1,2,3</sup>. Качественно новый уровень организации работы в составе межведомственной рабочей группы позволил обеспечить биологическую безопасность в период подготовки и проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. в г. Казани.

В соответствии с Федеральным законодательством о лицензировании отдельных видов деятельности<sup>4</sup> – деятельность в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных (за исключением случая, если указанная деятельность осуществляется в медицинских целях) и генно-инженерно-модифицированных организмов III и IV степеней потенциальной опасности, осуществляемой в замкнутых системах, относится к лицензируемым видам деятельности, поскольку осуществление указанных работ может повлечь за собой нанесение ущерба правам, законным интересам, жизни или здоровью граждан, окружающей среде, обороне и безопасности государства. Государственное регулирование лицензирования деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных введено в 1996 г. и закреплено за Роспотребнадзором.

Государственная система биологической безопасности является важной составной частью системы национальной безопасности Российской Федерации и представляет собой комплекс организационных и технических мер, направленных на предотвращение ущерба и обеспечение защищенности личности, общества и государства от потенциальных и реальных биологических угроз. Последние могут реализоваться в формах естественного или преднамеренного поражения такими биологическими агентами, как бактерии, вирусы, грибы, простейшие или их токсины<sup>5</sup>.

Важной частью государственной политики обеспечения санитарно-эпидемиологического является защита используемых для практической работы коллекций возбудителей инфекционных болезней человека и животных, являющихся потенциальными объектами биотерроризма [1].

Руководитель Роспотребнадзора, главный государственный санитарный врач Российской Федерации Анна Юрьевна Попова неоднократно подчеркивала значимость проблемы, напоминая, что событиями, создающими биологические риски, являются стихийные бедствия, при которых активизируются пути передачи биопатогенов, аварии на потенциально опасных биологических объектах, акты биотерроризма, неконтролируемое распространение генетически модифицированных микроорганизмов, массовое производство и реализация генетически модифицированных продуктов питания и сельскохозяйственной продукции, развитие синтетической биологии, разработка биологического оружия нового поколения [2].

Более того, известны факты умышленного применения патогенного биологического агента. Последний факт зафиксирован в США, где в 2015 г. из военно-биологической лаборатории Министерства обороны США в десятки объектов, в том числе минимум в девять зарубежных стран Азии и Европы, были отправлены живые культуры сибирской язвы [3].

Мировое научное сообщество выработало единый подход к обеспечению общественной и личной безопасности при работе с патогенами [4, 5], разработано руководство по биологической защите лабораторий [6, 7], имеются стандарты управления лабораторными биологическими рисками [1, 8–10].

<sup>1</sup>О лицензировании деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных (за исключением случая, если указанная деятельность осуществляется в медицинских целях) и генно-инженерно-модифицированных организмов III и IV степеней потенциальной опасности, осуществляемой в замкнутых системах: Постановление Правительства РФ № 317 от 16.04.2012 г. (ред. от 06.03.2015) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_128582/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_128582/) (дата обращения: 26.12.2017).

<sup>2</sup>СП 1.3.2322-08. Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней: санитарные правила [Электронный ресурс]. – М., 2008. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902091086> (дата обращения: 22.12.2017).

<sup>3</sup>Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.3118-13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)»: Постановление главного государственного санитарного врача РФ А.Ю. Поповой [Электронный ресурс]. – М., 2013. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499061798> (дата обращения: 22.12.2017).

<sup>4</sup>О лицензировании отдельных видов деятельности: Федеральный закон № 99-ФЗ от 04.05.2011 г. (редакция, действующая с 1 января 2018 года) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902276657> (дата обращения: 10.01.2018).

<sup>5</sup>Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу / утв. Президентом Российской Федерации 01.11.2013 № Пр-2573 [Электронный ресурс]. – М., 2013. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70423098/> (дата обращения: 26.12.2017).

В декабре 2017 г. в Женеве состоялось совещание государств – участников Конвенции о запрещении биологического и токсинного оружия, принята программа работы на 2018–2020 гг., направленная на снижение рисков для биологической безопасности, вызванных угрозой использования бактериологических (биологических) агентов или токсинов в качестве оружия. В программу включена следующая основная тема: мониторинг научных исследований в сфере биологии, имеющих потенциал двойного применения [11].

С введением в действие в 2008 г. новых санитарных правил по требованиям к работе с микроорганизмами III–IV групп патогенности, а в 2013 г. – по требованиям к работе с микроорганизмами I–II групп патогенности были ужесточены требования по обеспечению личной и общественной безопасности, защиты окружающей среды при работе с патогенными биологическими агентами.

**Цели и задачи исследования:** проанализировать работу межведомственной рабочей группы по обследованию объектов, расположенных в районе проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 г., и осуществляющих работы с биологическими веществами, биологическими и микробиологическими организмами и возбудителями инфекционных заболеваний II–IV групп патогенности.

**Материалы и методы.** Изучение правовых документов, в том числе международных, регламентирующих требования по биологической безопасности при работе с патогенными биологическими агентами (ПБА), рассмотрение организации совместной работы с УФСБ России по Республике Татарстан, Антитеррористической комиссией Республики Татарстан по обеспечению антитеррористической защищенности организаций, осуществляющих работы с возбудителями инфекционных заболеваний, в том числе общих для человека и животных, на примере опыта Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан, анализ работы межведомственной рабочей группы.

**Результаты и их обсуждение.** В период подготовки и проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. в г. Казани Управлением Роспотребнадзора по Республике Татарстан (далее – Управление) приняты меры безопасности по повышению антитеррористической защищенности объектов, обеспечению биологической безопасности на территории проведения мероприятий.

В целях предотвращения биотерроризма, повышения антитеррористической защищенности объектов и обеспечения биологической безопасности руководителем региональной рабочей группы по обеспечению безопасности проведения в г. Казани матчей Чемпионата мира по футболу 2018 г. – начальником Управления Федеральной службы безопасности России по Республике Татарстан генерал-майором Д.Г. Хамитовым [12] – 24 декабря 2015 г. утвержден Реестр промышленных и инфраструктурных объектов (критически важных, потенциально опасных и опасных производственных объектов), расположенных в районе проведения Чемпионата мира по футболу 2018 г. и Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. Выведение из строя этих объектов (совершение диверсионно-террористического акта или ЧП и ЧС) представляет угрозу безопасности в период проведения Чемпионата мира по футболу 2018 г. и Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. (далее – Реестр) (рис. 1).

По инициативе Управления в декабре 2016 г. Главным управлением Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по Республике Татарстан проведена актуализация Реестра, в который вошло 40 лабораторий (16 медицинских организаций, девять коммунальных объектов, семь предприятий пищевой промышленности, три учреждения ветеринарного профиля, три промышленных предприятия, два научно-исследовательских и образовательных учреждения).

Управлением разработана карта г. Казани с прилегающей территорией, на которую нанесены хозяйствующие субъекты, осуществляющие работы с биологическими веществами, биологическими и микробиологическими организмами и с возбудителями инфекционных заболеваний II – IV групп патогенности, перечень спортивных объектов, задействованных в период подготовки и проведения Чемпионата мира по футболу 2018 г. в г. Казани.

Хозяйствующими субъектами в ноябре – декабре 2016 г. проведена работа по актуализации документа, подтверждающего безопасность биологически опасного объекта, вторые экземпляры документа направлены в адрес Управления [13].

В 2016 г. Управлением в Министерство здравоохранения Республики Татарстан направлено пять информационных сообщений о проблемах обеспечения биологической безопасности в лабораториях четырех медицинских организаций.

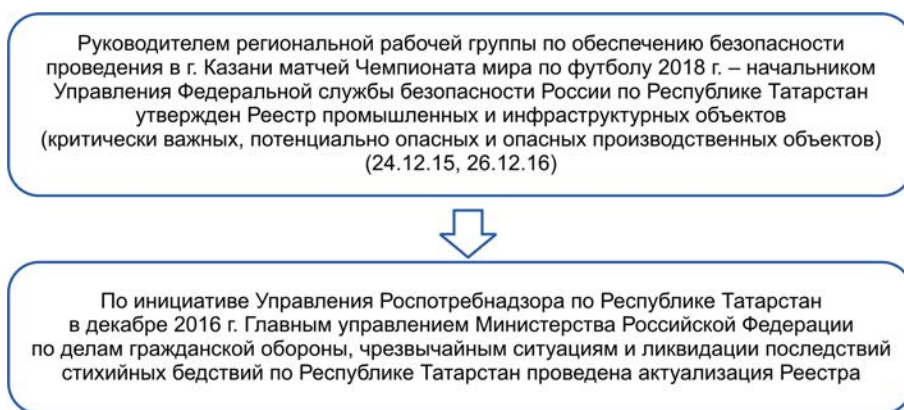


Рис.1. Взаимодействие органов управления

В первом полугодии 2017 г. в Министерстве здравоохранения Республики Татарстан, Главном управлении ветеринарии Кабинета министров Республики Татарстан в Управлении проведены совещания с руководителями, специалистами лабораторий юридических лиц, осуществляющих работы с биологическими веществами, возбудителями инфекционных заболеваний, на которых были обсуждены вопросы обеспечения требований биологической безопасности, антитеррористической защищенности объектов.

Министру по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям Республики Татарстан – начальнику Главного управления МЧС

России по Республике Татарстан направлены предложения в проект постановления Кабинета министров Республики Татарстан «Об организации радиационной, химической и биологической защиты и контроля в период подготовки и проведения Кубка конфедераций FIFA 2017 года в г. Казани» [12].

В 2017 г. хозяйствующим субъектам направлено 40 писем о принятии дополнительных мер по антитеррористической защищенности. Всеми юридическими лицами в адрес Управления представлена информация о выполнении требований биологической безопасности при работе с патогенами (рис. 2).

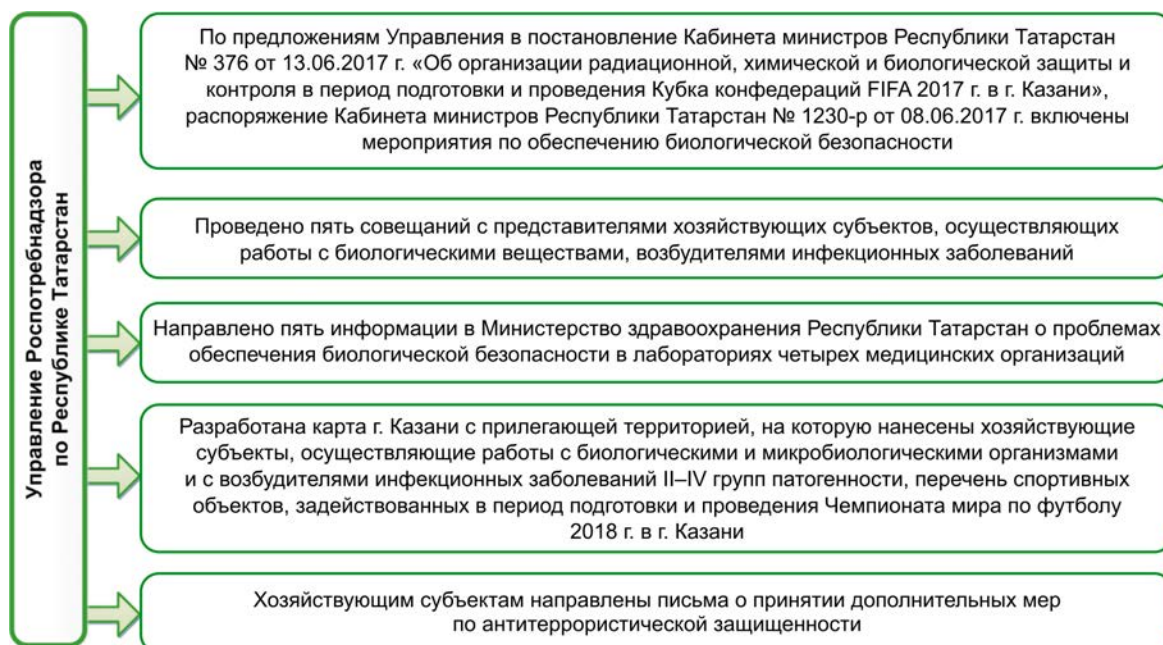


Рис. 2. Деятельность Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан во время подготовки и проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г.



Рис. 3. Деятельность Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан в составе межведомственной рабочей группы

Управлением в составе межведомственной рабочей группы по обследованию объектов, расположенных в районе проведения Кубка конфедерации FIFA 2017 г. и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 г. (далее – МРГ) за период с октября 2016 г. по май 2017 г. проведено обследование 29 юридических лиц по вопросу обеспечения биологической безопасности при работе с патогенными биологическими агентами [14, 15] (рис. 3).

По итогам обследований руководителю Регионального межведомственного оперативного штаба по обеспечению безопасности проведения в г. Казани матчей Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 г. и Кубка Конфедераций FIFA 2017 г., начальнику Управления Федеральной службы безопасности России по Республике Татарстан, руководителю аппарата Антитеррористической комиссии в Республике Татарстан направлено 18 информации по нарушениям, выявленным в ходе обследования объектов.

В Управлении Федеральной службы безопасности России по Республике Татарстан проведено восемь заседаний МРГ с заслушиванием хозяйствующих субъектов, оформлением протоколов и указанием мероприятий по устранению нарушений требований биологической безопасности.

На итоговом заседании МРГ принято решение о приостановлении проведения работ с биологическими веществами, биологическими и микробиологическими организмами и с возбудителями инфекционных заболе-

ваний в лабораториях пяти хозяйствующих субъектов.

В рамках исполнения Постановления Правительства Российской Федерации № 689 от 09.06.2017 г. «О некоторых мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 202 “Об особенностях применения усиленных мер безопасности в период проведения в Российской Федерации чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года и Кубка конфедераций FIFA 2017 года”» [16] из 40 юридических лиц, включенных в Реестр (рис. 4):

– 13 хозяйствующих субъектов направили в адрес Управления и Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан мотивированные предложения с обоснованием невозможности временного прекращения работ в связи с проведением работ в составе учреждений сети наблюдения и лабораторного контроля, обеспечения лабораторного контроля за состоянием внешней среды, безопасностью питания, водоснабжения, диагностики инфекционных заболеваний гостей и участников Кубка конфедераций FIFA 2017 г. Вместе с тем три из них временно прекратили работы в лабораториях в дни проведения игр;

– 11 юридических лиц приостановили работы с возбудителями инфекционных заболеваний на весь период проведения Кубка конфедераций FIFA 2017 г.;

– 16 медицинских организаций не вошли в перечень опасных производств и организаций, утвержденных Постановлением Правительства



Рис. 4. Реализация Постановления Правительства Российской Федерации № 698 от 09.06.2017 г.

Российской Федерации № 689 от 09.06.2017 г. Однако в связи с выявленными в ходе обследований нарушениями требований биологической безопасности на период проведения Кубка с 12 июня по 12 июля 2017 г. решением МРГ ограничена деятельность лабораторий трех медицинских организаций.

**Выводы.** Эффективное межведомственное взаимодействие по обеспечению биологической безопасности в период подготовки и проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. в г. Казани позволило не допустить выхода патогенов во внешнюю среду, возможности использования ПБА в целях биотерроризма.

### Список литературы

1. Barras V., Greub G. History of biological warfare and bioterrorism // Clin. Microbiol. Infect. – 2014. – Vol. 20, № 6. – P. 497–502. DOI: 10.1111/1469-0691.12706
2. Краснополяская И. «Игры» с геномом: глава Роспотребнадзора Анна Попова об угрозе биологической безопасности и как ей противостоять [Электронный ресурс] // Российская газета – Федеральный выпуск. – 2017. – № 7433 (267). – URL: <https://rg.ru/2017/11/23/glava-rosпотреbnadzora-rasskazala-ob-ugroze-biologicheskoy-bezopasnosti.html> (дата обращения: 22.12.2017).
3. О Конвенции о запрещении биологического и токсинного оружия (КБТО): письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 17.08.2015 г. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.rosпотреbnadzor.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=4042](http://www.rosпотреbnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=4042) (дата обращения: 26.12.2017).
4. Biological risk in non-clinical biological and chemical laboratories / E. Cavallari, L. de Lellis, G.P. Stefanelli, T. Lorenzini // G. Ital. Med. Lav. Ergon. – 2008. – Vol. 30, № 1. – P. 22–32.
5. Biorisk management: Laboratory biosecurity guidance [Электронный ресурс] // World Health Organization. – Geneva, 2006. – 41 p. – URL: [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjhnNOjnY7aAhXEXKYKHf4iCDcQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.who.int%2Fcsr%2Fresources%2Fpublications%2Fbiosafety%2FWHO\\_CDS\\_EPR\\_2006\\_6.pdf&usq=AOvVaw3-e-7dS4w5j295IzWhKru2](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjhnNOjnY7aAhXEXKYKHf4iCDcQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.who.int%2Fcsr%2Fresources%2Fpublications%2Fbiosafety%2FWHO_CDS_EPR_2006_6.pdf&usq=AOvVaw3-e-7dS4w5j295IzWhKru2) (дата обращения: 26.12.2017).
6. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories. – 5th ed. [Электронный ресурс] // U.S. Department of Health and Human Services; Public Health Service. – Geneva, 2009. – 438 p. – URL: <https://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/bmbl.pdf> (дата обращения: 25.12.2017).
7. CWA 15793: 2008. Laboratory biorisk management standard / G. Burns, A.Z. Pharmaceuticals, P. See-churn // Northern BSOs Meeting. – Glasgow, 2009. – 25 p.



8. Laboratory biosafety manual. – 3rd ed. [Электронный ресурс] // World Health Organization. – Geneva, 2004. – 186 p. – URL: [www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf) (дата обращения: 28.12.2017).
9. Laboratory biosafety guidelines. – 3rd ed. [Электронный ресурс]. – Canada, 2004. – 125 p. – URL: <https://www.canada.ca/en/public-health/services/canadian-biosafety-standards-guidelines/laboratory-biosafety-guidelines-3rd-edition-2004.html> (дата обращения: 22.12.2017).
10. Laboratory Biorisk Management: Strategic Framework for Action 2012–2016 [Электронный ресурс] // World Health Organization. – Geneva, 2012. – 16 p. – URL: [http://www.who.int/ihr/publications/strategic\\_framework/en/](http://www.who.int/ihr/publications/strategic_framework/en/) (дата обращения: 10.01.2018).
11. О Конвенции о запрещении биологического и токсинного оружия: письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 22.12.2017 г. [Электронный ресурс]. – URL: [http://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=9377](http://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=9377) (дата обращения: 26.12.2017).
12. МР 0100/3556-04-34. Взаимодействие органов управления, учреждений и специализированных формирований при ликвидации последствий террористических актов с применением патогенных биологических агентов и опасных химических веществ: методические рекомендации [Электронный ресурс]. – URL: [https://stategovernor.admhmao.ru/upload/iblock/29d/mr\\_rospotrebnadzora\\_po\\_khimii\\_2004\\_god\\_.pdf](https://stategovernor.admhmao.ru/upload/iblock/29d/mr_rospotrebnadzora_po_khimii_2004_god_.pdf) (дата обращения: 26.12.2017).
13. Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта: приказ МЧС РФ № 506 от 4.11.2004 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mchs.gov.ru/document/4320005> (дата обращения: 26.12.2017).
14. МУК 3.1.2964-11. Построение системы физической защиты государственных и исследовательских коллекций микроорганизмов I–II групп патогенности: методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 20 с.
15. МУ 3.1.3294-15. Построение системы физической защиты организаций, работающих с микроорганизмами I–II групп патогенности: методические указания [Электронный ресурс]. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456023987> (дата обращения: 26.12.2017).
16. О некоторых мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации № 202 от 9 мая 2017 г. «Об особенностях применения усиленных мер безопасности в период проведения в Российской Федерации чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года и Кубка конфедераций FIFA 2017 года»: постановление Правительства Российской Федерации № 689 от 09.06.2017 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71594832/> (дата обращения: 26.12.2017).

*Межведомственное взаимодействие по обеспечению биологической безопасности на территории Республики Татарстан в период подготовки и проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 г. в г. Казани / М.А. Пяташина, М.В. Трофимова, Л.Г. Авдонина, Л.Т. Гараева, Г.Р. Мансурова // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 104–112. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.12*

UDC 614.38

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.12.eng

## INTERDEPARTMENTAL INTERACTION ON PROVIDING BIOLOGICAL SAFETY ON TATARSTAN REPUBLIC TERRITORY DURING PREPARATIONS FOR 2017 FIFA CONFEDERATIONS CUP IN KAZAN

**M.A. Patyashina, M.V. Trofimova, L.G. Avdonina, L.T. Garaeva, G.R. Mansurova**

Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Well-being, Tatarstan Regional Office, 30 B. Krasnaya Str., Kazan', 420111, Russian Federation

*Infectious agents collections used in practical work are to be securely protected as they can cause infections among people and animals; they are potential biological terrorism objects including periods when mass sport, political, or cultural events take place in the country. It made our research truly vital. Our research goal was to analyze an interdepartmental workgroup functioning aimed at inspecting objects located on areas where 2017 FIFA Confederations Cup and 2018 FIFA World Championship were to take place. This workgroup had to deal with biological substances, biological and microbiological organisms and infectious agents from II–IV pathogenicity groups. Its basic task was to minimize biological hazards during work with pathogenic biological agents. The research involved examination of legal documents (including international ones) which regulated biological safety requirements for work with pathogenic biological agents; consideration of joint work with the RF Federal Security Service, Tatarstan Regional Office, Tatarstan Anti-Terrorism Commission for providing anti-terroristic protection of organizations dealing with infectious agents, including those common for people and animals, on the example of Rospotrebnadzor Regional Office in Tatarstan; analysis of work performed by the interdepartmental workgroup.*

*It is shown that efficient interdepartmental interaction allowed to provide biological safety in Kazan and on adjoining territories, to prevent pathogen entering the environment and possibility to use pathogenic biological agents as biological terrorism objects during preparation for 2017 FIFA Confederation Cup and the event itself.*

**Key words:** anti-terroristic security, infectious diseases, biological safety, biological hazard, biological terrorism, biologically hazardous object.

### References

1. Barras V., Greub G. History of biological warfare and bioterrorism. *Clin. Microbiol. Infect.*, 2014, vol. 20, no. 6, pp. 497–502. DOI: 10.1111/1469-0691.12706
2. Krasnopol'skaya I. "Igrы" s genomom: Glava Rospotrebnadzora Anna Popova ob ugroze biologicheskoi bezopasnosti i kak ei protivostoyat' ["Playing" with genome: Anna Popova, Head of Rospotrebnadzor, on threats to biological safety and how to fight]. *Rossiiskaya gazeta – Federal'nyi vypusk*, 2017, no. 7433 (267). Available at: <https://rg.ru/2017/11/23/glava-rospotrebnadzora-rasskazala-ob-ugroze-biologicheskoy-bezopasnosti.html> (22.12.2017) (in Russian).
3. O Konventsii o zapreshchenii biologicheskogo toksinnogo oruzhiya (KBTO): Pis'mo Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka ot 17.08.2015 [On Convention on Biological and Toxic Weapons: a Letter by the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Well-being dated August 17, 2015]. Available at: [http://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=4042](http://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=4042) (26.12.2017) (in Russian).
4. Cavallari E., de Lellis L., Stefanelli G.P., Lorenzini T. Biological risk in non-clinical biological and chemical laboratories. *G. Ital. Med. Lav. Ergon.*, 2008, vol. 30, no. 1, pp. 22–32.
5. Biorisk management: Laboratory biosecurity guidance. World Health Organization, Geneva, 2006, 41 p. Available at: [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjhnNOjnY7aAhXEXKYKHf4iCDcQFggMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.who.int%2Fcsr%2Fresources%2Fpublications%2Fbiosafety%2FWHO\\_CDS\\_EPR\\_2006\\_6.pdf&usg=AOvVaw3-e-7dS4w5j295IzWhKru2](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjhnNOjnY7aAhXEXKYKHf4iCDcQFggMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.who.int%2Fcsr%2Fresources%2Fpublications%2Fbiosafety%2FWHO_CDS_EPR_2006_6.pdf&usg=AOvVaw3-e-7dS4w5j295IzWhKru2) (26.12.2017).

© Patyashina M.A., Trofimova M.V., Avdonina L.G., Garaeva L.T., Mansurova G.R., 2018

**Marina A. Patyashina** – Doctor of Medical Sciences; Director (e-mail: [org@16.rospotrebnadzor.ru](mailto:org@16.rospotrebnadzor.ru); tel.: +7 (843) 238-98-54).

**Marina V. Trofimova** – Deputy Director (e-mail: [org@16.rospotrebnadzor.ru](mailto:org@16.rospotrebnadzor.ru); tel.: +7 (843) 238-98-54).

**Lyubov' G. Avdonina** – Deputy Director (e-mail: [org@16.rospotrebnadzor.ru](mailto:org@16.rospotrebnadzor.ru); tel.: +7 (843) 238-98-54).

**Liliya T. Garaeva** – Head of State Registration and Licensing Department (e-mail: [Garaeva.LT@tatar.ru](mailto:Garaeva.LT@tatar.ru); tel.: +7 (843) 238-53-28).

**Guzel' R. Mansurova** – expert-researcher at State Registration and Licensing Department (e-mail: [rpn.licenz@tatar.ru](mailto:rpn.licenz@tatar.ru); tel.: +7 (843) 238-53-28).

6. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories. 5th ed. U.S. Department of Health and Human Services; Public Health Service, 2009, 438 p. Available at: <https://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/bmbl.pdf> (25.12.2017).
7. Burns G., Pharmaceuticals A.Z., See-churn P. CWA 15793: 2008. Laboratory biorisk management standard / Northern BSOs Meeting, Glasgow, 2009, 25 p.
8. Laboratory biosafety manual. 3rd ed. World Health Organization, Geneva, 2004, 186 p. Available at: [www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf) (28.12.2017).
9. Laboratory biosafety guidelines. 3rd ed. Canada, 2004, 125 p. Available at: <https://www.canada.ca/en/public-health/services/canadian-biosafety-standards-guidelines/laboratory-biosafety-guidelines-3rd-edition-2004.html> (22.12.2017).
10. Laboratory Biorisk Management: Strategic Framework for Action 2012–2016. World Health Organization, Geneva, 2012, 16 p. Available at: [http://www.who.int/ihr/publications/strategic\\_framework/en/](http://www.who.int/ihr/publications/strategic_framework/en/) (10.01.2018).
11. O Konveksii o zapreshchenii biologicheskogo i toksinnogo oruzhiya: Pis'mo Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka ot 22.12.2017 [On Convention on Biological and Toxic Weapons: a Letter by the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Well-being dated December 22, 2017]. Available at: [http://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news\\_details.php?ELEMENT\\_ID=9377](http://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=9377) (26.12.2017) (in Russian).
12. MR 0100/3556-04-34. Vzaimodeistvie organov upravleniya, uchrezhdenii i spetsializirovannykh formirovaniy pri likvidatsii posledstviy terroristicheskikh aktov s primeneniem patogennykh biologicheskikh agentov i opasnykh khimicheskikh veshchestv: metodicheskie rekomendatsii [Interaction between public authorities, institutions, and specialized formations when eliminating consequences of terroristic attacks with pathogenic biological agents and hazardous chemicals application: Methodical Guidelines]. Available at: [https://stategovernor.admhmao.ru/upload/iblock/29d/mr\\_rospotrebnadzora\\_po\\_khimii\\_2004\\_god\\_.pdf](https://stategovernor.admhmao.ru/upload/iblock/29d/mr_rospotrebnadzora_po_khimii_2004_god_.pdf) (26.12.2017) (in Russian).
13. Ob utverzhdenii tipovogo pasporta bezopasnosti opasnogo ob"ekta: prikaz MChS RF № 506 ot 04.11.2004 [On Approval of a Typical Safety Passport for a hazardous object: The Order issued by EMERCOM of Russia on November 04, 2004 No. 506]. Available at: <http://www.mchs.gov.ru/document/4320005> (26.12.2017) (in Russian).
14. MUK 3.1.2964-11. Postroenie sistemy fizicheskoi zashchity gosudarstvennykh i issledovatel'skikh kolleksii mikroorganizmov I–II grupppatogennosti: metodicheskie ukazaniya [Building up a physical protection system for state and research collections of microorganisms from I–II pathogenicity groups: Methodical Guidelines]. Moscow, Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2011, 20 p. (in Russian).
15. MU 3.1.3294-15. Postroenie sistemy fizicheskoi zashchity organizatsii, rabotayushchikh s mikroorganizmami I–II grupppatogennosti: metodicheskie ukazaniya [Building up a physical protection system for organizations dealing with microorganisms from I–II pathogenicity groups: Methodical Guidelines]. Moscow, Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2016. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456023987> (26.12.2017) (in Russian).
16. O nekotorykh merakh porealizatsii Ukaza Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot № 202 9 maya 2017 g. «Ob osobennostyakh primeneniya usilennykh merbezopasnosti v period provedeniya v Rossiiskoi Federatsii chempionata mira po futbolu FIFA 2018 goda i Kubka konfederatsii FIFA 2017 goda»: postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii № 689 ot 09.06.2017 [On certain measures aimed at implementing The RF President Order issued on May 9, 2017 No. 202 “On peculiarities of enforced security precautions during 2018 FIFA World Championship and 2017 FIFA Confederation Cup in the RF”: the RF Government Order issued No. 689 on June 09, 2017]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71594832/> (26.12.2017) (in Russian).

*Patyashina M.A., Trofimova M.V., Avdonina L.G., Garaeva L.T., Mansurova G.R. Interdepartmental interaction on providing biological safety on Tatarstan republic territory during preparations for 2017 FIFA confederations cup in Kazan. Health Risk Analysis, 2018, no. 1, pp. 104–112. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.12.eng*

Получена: 19.01.2018

Принята: 20.03.2018

Опубликована: 30.03.2018



УДК 617.741-004.1-053.9

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.13

## ОБЗОР ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ СТАРЧЕСКОЙ КАТАРАКТЫ

**Е.В. Брагин**

Южно-Уральский институт биофизики Федерального медико-биологического агентства, Россия, 456780, г. Озёрск, Озёрское шоссе, 19

---

*Изучение процессов естественного старения организма, в том числе под воздействием многих внешних факторов, является актуальным научным направлением последних лет. Старческая катаракта – многофакторное заболевание. Затраты на хирургическое лечение катаракты остаются одной из главных статей расходов в здравоохранении. Основным фактором риска развития старческой катаракты является возраст. Заболеваемость катарактой удваивается каждые 10 лет жизни. В обзоре рассматриваются литературные источники, описывающие результаты научных исследований о влиянии на развитие катаракты таких факторов риска, как возраст, пол, расовая принадлежность, курение, употребление алкоголя, наличие сахарного диабета, прием некоторых лекарственных препаратов, влияние ряда факторов окружающей среды, включая ультрафиолетовое и ионизирующее излучение. Показано, что многие из этих факторов могут повышать или понижать риск развития старческой катаракты; в отношении некоторых факторов риска данные противоречивы. Приведены количественные характеристики рисков формирования катаракты, выраженные через отношение шансов, под воздействием возрастных параметров, употребления алкоголя, ионизирующего излучения и пр. Показано, что вопрос о том, является ли зависимость «доза–эффект» для развития катаракты пороговой или беспороговой, остается открытым.*

**Ключевые слова:** многофакторное заболевание, старческая катаракта, факторы риска, относительный риск, отношение шансов, возрастные параметры, зависимость «доза–эффект».

---

Катаракта представляет собой любое стойкое помутнение вещества или капсулы хрусталика. Катаракта как основная причина нарушения зрения и слепоты (33 %) в мире [1, 2] является значимой социальной, медицинской и экономической проблемой во многих странах [1, 3, 4]. Затраты на хирургическое лечение катаракты остаются одной из главных статей расходов в здравоохранении.

В зависимости от причин возникновения выделяют старческую, врожденную, травматическую, осложненную и профессиональную катаракту. Преобладающей по частоте является старческая катаракта (далее по тексту – «катаракта»). Ее развитие обусловлено возрастными изменениями хрусталика, а заболеваемость растет с увеличением возраста.

В зависимости от клинико-анатомических характеристик различают три основных типа катаракты: ядерную, кортикальную и заднюю субкапсулярную – которые могут быть представлены как изолированно, так и в различных

сочетаниях [5]. Ядерная катаракта характеризуется образованием помутнений в центральной части (ядре) хрусталика; этому процессу сопутствует склерозирование хрусталиковых волокон, изменение цвета ядра на желтоватый или бурый, снижение зрения. Кортикальная катаракта характеризуется образованием помутнений по периферии хрусталика. По мере старения в коре образуются отдельные помутнения (спицевидные или секторальные), обычно не приводящие к каким-либо клиническим симптомам до тех пор, пока в процесс не вовлекается область оптической оси хрусталика. Задние субкапсулярные катаракты (ЗСК) представляют собой компактные помутнения, располагающиеся в задней части центральной коры под капсулой. Они встречаются в более молодом возрасте и приводят к значительному снижению остроты зрения вблизи.

Результаты многочисленных исследований, посвященных причинам возникновения катаракты, показали, что катаракта является

многофакторным заболеванием. Развитие катаракты зависит от возраста, пола, расовой принадлежности, наличия сопутствующей соматической и глазной патологии, привычек (курение, особенности питания), а также факторов окружающей среды, таких как ультрафиолетовое излучение, ионизирующее излучение и прием некоторых лекарственных препаратов [4, 6].

#### **Нерадиационные факторы риска развития катаракты.**

**Возраст.** Основным фактором риска развития катаракты является возраст. Так, распространенность катаракты у лиц в возрасте 52–62 года составляет 5 % [7]; у лиц в возрасте 60–69 лет – 30 %, и у лиц 70 лет и старше – 64 % [8]. Тот факт, что заболеваемость катарактой удваивается каждые 10 лет жизни после 40 лет, означает, что практически все люди в возрасте 80–90 лет страдают от катаракты [9]. Длительное воздействие активных радикалов кислорода на ткань хрусталика считается основной причиной развития помутнений в хрусталике, характерных для старческой катаракты. В исследовании группы ученых [10] было показано, что достигнутый возраст статистически значимо влияет на развитие всех типов катаракт. Отношение шансов (ОШ) на каждые 10 лет жизни для ядерной катаракты составило 9,90 (95 %-ный ДИ: 8,20–11,90), для кортикальной – 3,06 (95 %-ный ДИ: 2,76–3,40), для задней субкапсулярной – 3,09 (95 %-ный ДИ: 2,71–3,51) и для всех типов катаракты – 6,62 (95 %-ный ДИ: 5,78–7,63).

**Пол.** Во многих эпидемиологических исследованиях установлено, что риск заболеваемости катарактой у женщин несколько выше, по сравнению с мужчинами; однако эта зависимость пока остается неясной. Например, в одном из исследований [11] показано, что

ОШ для заболеваемости катарактой у женщин по сравнению с мужчинами составило 3,03 (95 %-ный ДИ: 1,83–5,00). В другом исследовании [12] показано, что частота катаракты среди женщин выше, чем среди мужчин, ОШ = 1,55 (95 %-ный ДИ: 1,26–1,91), в то время как в еще одном исследовании по типу «случай–контроль» выявлена только пограничная зависимость кортикальной катаракты от пола [13]. В нескольких исследованиях показан защитный эффект от заместительной гормонотерапии у женщин в период постменопаузы [14, 15].

**Расовая принадлежность.** В некоторых исследованиях показана зависимость частоты разных типов катаракт от расовой принадлежности. Исследователи S.K. West, B. Munoz et al. [16] выявили, что американцы африканского происхождения имели в четыре раза более высокую вероятность развития кортикальной катаракты, чем американцы европейского происхождения, в то время как у европеоидов был повышен риск ядерной или задней субкапсулярной катаракты. Результаты другого исследования свидетельствуют о том, что в группе латиноамериканцев наиболее часто встречалась кортикальная катаракта [17].

**Курение.** В табл. 1 представлены результаты исследований, связанных с оценкой риска развития катаракты в зависимости от статуса курения.

В ряде исследований была выявлена связь между курением и склерозом ядра хрусталика и установлена зависимость «доза–эффект»; показан пониженный риск развития катаракты у бросивших курить, по сравнению с теми, кто продолжал курить [18–21], и продемонстрирован выраженный защитный эффект отказа от курения. В одном из исследований [10] установлено,

Таблица 1

Риск развития катаракты в зависимости от статуса курения

Автор, год	Кол-во участников	Результаты исследования ОШ, 95 %-ный ДИ	Поправка
Delcourt et al., 2000	2584	Курение в настоящий момент: 2,34 (1,07–5,15) Бывшие курильщики: 3,75 (2,26–6,21)	Пол, возраст
Theodoropoulou et al., 2011	314, 314 – контроль	Курение в настоящий момент: 1,99 (1,23–3,23) Бывшие курильщики: 1,64 (1,02–2,70)	Пол, возраст
Renyi Wu et al., 2010	2927	Курение в настоящий момент	Пол, возраст, ИМТ, гипертензия, диабет
		Ядерная катаракта: 2,06 (1,46–2,98)	
		Кортикальная катаракта: 1,33 (1,02–1,74)	
		ЗСК: 1,39 (1,02–1,91)	
		Все типы 1,48 (1,10–1,99)	

что курильщики имеют повышенную заболеваемость ядерной катарактой (ОШ = 2,06; 95 %-ный ДИ: 1,46–2,98), кортикальной катарактой (ОШ = 1,33; 95 %-ный ДИ: 1,02–1,74), задней субкапсулярной катарактой (ОШ = 1,39; 95 %-ный ДИ: 1,02–1,91) или любым типом катаракты (ОШ = 1,48; 95 %-ный ДИ: 1,10–1,99) после поправки на возраст, пол, индекс массы тела, артериальную гипертензию и диабет. В другом исследовании [22] подобной зависимости не обнаружено. Начальное или среднее образование (ОШ = 1,67; 95 %-ный ДИ: 1,06–2,64) и низкий ежемесячный доход повышали риск развития ядерной катаракты, в то время как проживание в малогабаритном жилье повышало риск развития задней субкапсулярной катаракты (ОШ = 1,70; 95 %-ный ДИ: 1,28–2,25). Риск заболеваемости ядерной катарактой у курящих мужчин был оценен в 17,6 %, и показано, что: а) курение статистически значимо повышает риск развития всех типов старческой катаракты независимо от возраста, пола, индекса массы тела, гипертензии и диабета; б) заболеваемость ядерной катарактой зависит от количества выкуриваемых сигарет и возрастает с увеличением индекса курения.

*Употребление алкоголя.* Характер влияния алкоголя на процесс катарактогенеза пока остается неясным. Хрусталик чувствителен как к окислительному стрессу, индуцированному алкоголем, так и к прямому токсическому воздействию алкоголя и продуктов его метаболизма [23–25]. Однако данные о связи между употреблением алкоголя и развитием старческой катаракты неоднородны. В результате исследования «случай–контроль» был выявлен статистически значимый повышенный риск катаракты среди злоупотребляющих пивом [26] и среди бывших алкоголиков [27]. Было проведено два когортных исследования: первое только среди мужчин, основанное на анкетировании о заболевании катарактой и ее хирургическом лечении [28]; второе среди мужчин и женщин, основанное на определении типа катаракты и истории хирургического лечения [29]. Эти исследования показали наличие положительной, но статистически не значимой связи между употреблением алкоголя и развитием катаракты. Только в результате проспективного исследования по оценке влияния статуса употребления алкоголя на экстракцию катаракты среди 77 466 женщин в США (1468 случаев экстракции катаракты), употребляющих более 25 мг алкоголя в день, не выявлен повышенный риск экстракции катаракты; отно-

сительный риск (ОР) составил 1,10; 95 %-ный ДИ: 0,90–1,35 [30]. При изучении отдельных типов катаракты показано, что употребление крепких напитков и вина связано с повышенным риском развития ядерных помутнений (ОШ = 1,13; 95 %-ный ДИ: 1,02–1,26), в то время как риск развития кортикальных помутнений снижался при употреблении вина (ОШ = 0,88; 95 %-ный ДИ: 0,79–0,98) [31]. В популяционном проспективном когортном исследовании [14] была выявлена статистически значимая положительная зависимость между употреблением алкоголя и риском «оперированной» катаракты; причем риск увеличивался с возрастанием общего объема употребляемого алкоголя; относительный риск «оперированной» катаракты составил 1,11 (95 %-ный ДИ: 1,02–1,21) после поправки на возраст и другие потенциальные факторы риска. При многофакторном анализе установлено, что увеличение потребления алкоголя на 13 грамм в день (соответственно 330 мл пива, 150 мл вина или 45 мл крепких напитков) повышает риск экстракции катаракты на 7 % (ОР = 1,07; 95 %-ный ДИ: 1,02–1,12).

#### **Соматическая патология.**

*Сахарный диабет.* Сахарный диабет как первого, так и второго типа является одним из наиболее значимых соматических заболеваний, повышающих риск развития катаракты. В результате исследования [11] установлено, что отношение шансов для развития катаракты у лиц, страдающих сахарным диабетом более 10 лет, по сравнению с остальными, составило 2,72 (95 %-ный ДИ: 1,72–4,28). В другом исследовании [32] показано, что уровень глюкозы крови натощак  $\geq 6$  ммоль/л повышает риск развития катаракты (ОШ = 1,79; 95 %-ный ДИ: 1,25–2,57) по сравнению с уровнем глюкозы  $< 6$  ммоль/л. В этом же исследовании также подчеркивается, что повышение уровня глюкозы крови натощак на каждые 1 ммоль/л связано с пятилетним прогрессированием задней субкапсулярной катаракты (ОШ = 1,25; 95 %-ный ДИ: 1,15–1,35) и десятилетним прогрессированием кортикальной (ОШ = 1,14; 95 %-ный ДИ: 1,01–1,27) и ядерной (ОШ = 1,20; 95 %-ный ДИ: 1,01–1,43) катаракты; причем наличие порога не установлено. Кроме того, показано, что хирургическое лечение катаракты пациентам с сахарным диабетом 1-го типа требовалось приблизительно на 20 лет раньше, чем лицам, у которых сахарный диабет не регистрировался [33].

Риск развития катаракты в зависимости от приема ГКС

Автор, год	Кол-во участников	Результаты исследования				
		ОШ, 95 %-ный ДИ				
Smeeth et al., 2003	15476	Ингаляционные ГКС	Системные стероиды парентерально	Системные стероиды перорально	Ингаляционные ГКС > 1600 мг/сут	Глазные капли с ГКС
		1,15 (1,03–1,27)	1,56 (1,3–1,82)	1,59 (1,47–1,71)	1,69 (1,17–2,43)	2,12 (1,93–2,33)
Theodoropoulou et al., 2011	314 случаев, 314 – контроль	Прием ГКС в настоящий момент 2,59 (0,93–7,21)				
Delcourt et al., 2000	2584	Прием пероральных ГКС в течение 5 лет и более – 3,25 (1,39–7,58)				

*Лекарственные препараты.* Большое количество исследований посвящено изучению связи развития катаракты с приемом различных лекарственных препаратов.

Результаты исследований зависимости риска развития катаракты от приема глюкокортикоидов (ГКС) представлены в табл. 2.

Показана связь между приемом системных кортикостероидов, особенно в высоких дозах и в течение продолжительного времени, и развитием катаракты как у детей [34], так и у взрослых [35]. Следует отметить, что для катаракт, индуцированных кортикостероидами, типична локализация в задней части хрусталика (задняя субкапсулярная катаракта).

Установлен повышенный риск заболеваемости катарактой у лиц, принимающих ГКС, по сравнению с теми, кто их не принимает [28, 36–40].

В последние десятилетия статины широко используются для снижения уровня холестерина в сыворотке крови с целью профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Поскольку известно, что статины обладают антиоксидантной активностью, их прием может иметь значение для снижения риска развития катаракты. В результате исследования [41] было выявлено, что пятилетняя заболеваемость катарактой в группе лиц, принимавших статины, была ниже (12,2 %) по сравнению с теми, кто их не принимал (17,2 %); с учетом возраста ОШ составило 0,55 (95 %-ный ДИ: 0,36–0,84). В том случае, когда риск развития катаракты оценивался у некурящих и не болеющих сахарным диабетом, ОШ с поправкой на пол, возраст и уровень липидов в крови составило 0,40 (95 %-ный ДИ: 0,18–0,90). Показано, что прием статинов понижает риск развития старческой катаракты.

Таким образом, литературные данные свидетельствуют о том, что риск заболеваемости

катарактой зависит от многих факторов, таких как достигнутый возраст, пол, расовая принадлежность, курение, употребление алкоголя, наличие сопутствующей соматической или глазной патологии, прием некоторых лекарственных препаратов и др.

*Ионизирующее излучение как фактор риска развития катаракты.* Хрусталик является одним из наиболее радиочувствительных органов в организме человека. Установлено, что воздействие ионизирующего излучения приводит к развитию катаракты [42, 43]. Ионизирующее излучение действует на клетки кубического эпителия, располагающиеся на поверхности передней капсулы хрусталика, вызывая их повреждение. В дальнейшем дифференциация и миграция поврежденных клеток последовательно в периферическую кору и область заднего полюса хрусталика приводят к образованию помутнений [43]. Латентный период и выраженность эффекта зависят от возраста, пола, а также от дозы, мощности дозы и фракционирования облучения [44, 45]. В результате нескольких долгосрочных исследований было выдвинуто предположение о том, что радиационно-индуцированные катаракты являются детерминированным отдаленным эффектом [46]. В результате многочисленных исследований был показан повышенный риск заболеваемости различными типами катаракт в различных группах лиц, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения. В настоящее время предполагается, что воздействие ионизирующего излучения повышает риск, в первую очередь, задних субкапсулярных и, в меньшей степени, кортикальных катаракт. А также, считается, что ядерные катаракты ассоциируются исключительно с возрастом и некоторыми другими факторами риска. Однако доказательства такой связи достаточно противоречивы, так как исследования проводились

в группах лиц с различными сценариями облучения и периодом наблюдения. Таким образом, в последнее время большой интерес представляет оценка риска заболеваемости различными типами катаракт среди лиц, подвергшихся пролонгированному облучению в низких дозах.

*Облучение во время атомной бомбардировки.* В табл. 3 представлены результаты исследований риска развития катаракты в когорте лиц, переживших атомную бомбардировку.

В 2004 г. было опубликовано два исследования когорты лиц, переживших атомную бомбардировку в Японии. Минамото с соавт. [47] через 55 лет после облучения провели исследование глаз у лиц, выживших после атомной бомбардировки, которые были моложе 13 лет на момент облучения. Для кортикальной и субкапсулярной катаракт отношения шансов при облучении в дозе 1 Гр составили 1,29 (95 %-ный ДИ: 1,22–1,49) и 1,41 (95 %-ный ДИ: 1,21–1,64) соответственно. Авторы не обнаружили статистически значимой зависимости заболеваемости ядерной катарактой от дозы облучения (отношение шансов на 1 Гр = 1,1; 95 %-ный ДИ: 0,9–1,3). Ямада с соавт. [48] исследовали широкий диапазон неопухолевых заболеваний у лиц, переживших атомную бомбардировку, наблю-

давшихся в течение длительного периода (1958–1998 гг.), в том числе катаракту у 975 мужчин и 2509 женщин. В результате исследования выявлена статистически значимая положительная зависимость заболеваемости катарактой от дозы облучения ( $p = 0,026$ ). У лиц, подвергшихся облучению в дозе более 1 Гр, показатель заболеваемости катарактой составил 7,98 (95 %-ный ДИ: 0,95–15,16) на 10 тысяч человек в год; соответствующий относительный риск был равен 1,06 (95 %-ный ДИ: 1,01–1,11). ОР заболеваемости катарактой статистически значимо снижался с увеличением достигнутого возраста на момент обследования ( $p < 0,001$ ) и с увеличением времени, прошедшего с момента облучения ( $p = 0,09$ ).

Накашима с соавт. [49, 50] в 2006 и 2013 г. опубликовали повторный анализ данных в когорте лиц, переживших атомную бомбардировку в Японии, и обнаружили статистически значимую зависимость «доза–эффект», причем риск заболеваемости катарактой снижался с увеличением достигнутого возраста. При этом отношение шансов на 1 Зв составило 1,44 (95 %-ный ДИ: 1,19–1,73) для задней субкапсулярной катаракты и 1,30 (95 %-ный ДИ: 1,10–1,53) для кортикальной катаракты у лиц, которым на

Таблица 3

Риск заболеваемости катарактой в когорте лиц, переживших атомную бомбардировку

Автор, год	Период наблюдения	Доза облучения, орган-мишень	Результаты исследования	Поправка
Choshi et al., 1983	1978–1980	Доза на хрусталик: 0–600 рад	ОР ЗСК: 5,28 для лиц моложе 50 лет; 3,99 для лиц в возрасте 50–59; 2,34 для лиц старше 60 лет. Зависимости от дозы для кортикальной и ядерной катаракты не выявлено	Город, возраст, пол
Minamoto et al., 2004	2000–2002	Доза на глаз: 0,005–2 Зв	ОШ на 1 Зв для: ЗСК = 1,41 (95 %-ный ДИ: 1,21–1,64); кортикальной = 1,29 (95 %-ный ДИ: 1,12–1,49); ядерной = 1,12 (95 %-ный ДИ: 0,94–1,30)	Город, возраст, пол, курение
Nakashima et al., 2006		Доза на глаз: 0–4,90 Зв	ОШ на 1 Зв для: ЗСК = 1,44 (95 %-ный ДИ: 1,19–1,73); кортикальной = 1,30 (95 %-ный ДИ: 1,10–1,53)	Город, возраст, пол, курение
Nakashima et al., 2013	1986–2005	Доза на хрусталик: 0–5,14 Гр	ОШ на 1 Гр для «оперированной» катаракты = 1,33 (95 %-ный ДИ: 1,28–1,38)	–
Neriishi et al., 2007	2000–2002	Доза на глаз: 0,005–4,90 Зв	ОШ на 1 Зв для «оперированной» катаракты = 1,39 (95 %-ный ДИ: 1,24–1,55). Пороговая доза = 0,1 Гр	Город, возраст, пол, диабет
Neriishi et al., 2012	1986–2005	Доза на хрусталик: 0–5,14 Гр Средняя: 0,54 Гр	Линейная зависимость «доза–эффект»	Возраст, пол, социальные и медицинские факторы
Yamada et al., 2004	1958–1998	Средняя взвешенная доза: 0,92 Зв	ОР катаракты на 1 Зв = 1,11 (95 %-ный ДИ: 1,03–1,19)	Город, пол, курение, алкоголь

момент облучения было 10 лет. Для ядерной катаракты статистически значимых зависимостей «доза–эффект» не выявлено. Отношение шансов возрастало с увеличением дозы облучения для кортикальной и задней субкапсулярной катаракт, пороговая доза была оценена равной 0,6 Зв.

В 2007 и 2012 г. Нериши с соавт. [51, 52] опубликовали результаты исследования зависимости «доза–эффект» для клинически значимых катаракт. В результате исследования (включены 3761 человек, переживший атомную бомбардировку, и 479 случаев «оперированной» катаракты) обнаружены доказательства линейной, но не линейно-квадратичной, зависимости «доза–эффект», а оцененная пороговая доза облучения составила 0,1 Гр.

*Облучение, связанное с аварией на Чернобыльской атомной электростанции.* В 2007 г. Уоргал с соавт. [53] опубликовали анализ частоты катаракт в украинской когорте ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС, которая оценивалась через 12–14 лет после облучения. Модель учитывала возраст на момент облучения, возраст на момент обследования, пол, дозу с интервалом в 50 мГр, статус курения, диабет и ряд других потенциальных факторов смешения. Было выявлено статистически значимое увеличение неядерных (задних субкапсулярных и корковых) катаракт: отношение шансов на 1 Гр составило 1,65 (95 %-ный ДИ: 1,18–2,30), а дозовый порог для этих катаракт оценивался равным 0,50 (95 %-ный ДИ: 0,17–0,69) Гр. Отношение шансов для всех типов катаракт составило 1,70 (95 %-ный ДИ: 1,22–2,38), а пороговая доза – 1,50 (95 %-ный ДИ: 1,17–1,65) Гр.

*Медицинское облучение.* В 1999 г. Холл с соавт. [54] изучали частоту помутнений хрусталика у жителей Швеции, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения в детском возрасте в результате лечения гемангиомы кожи. Показано, что частота помутнений хрусталика была выше у лиц, прошедших радиотерапию в детском возрасте, по сравнению с контролем (37 и 20 % соответственно). При корректировке на возраст на момент обследования, отношение шансов на 1 Гр оценивалось равным 1,50 (95 %-ный ДИ: 1,15–1,95) для задней кортикальной катаракты и 1,49 (95 %-ный ДИ: 1,07–2,08) для субкапсулярной катаракты.

При исследовании риска развития катаракты среди медицинских работников в США в 2008 г. [55] показано, что риск развития ката-

ракты увеличивался на 15 % в год. Женский пол, индекс курения более 15 пачка/лет, повышенный индекс массы тела, наличие диабета, артериальной гипертензии, гиперхолестеринемии или артрита повышали риск развития катаракты; в то же время употребление от 1 до 10 порций алкоголя в неделю снижало риск заболеваемости катарактой по сравнению с теми лицами, кто употреблял менее одной порции алкоголя в неделю. Отмечалось статистически значимое увеличение частоты катаракт у лиц, подвергшихся большему количеству диагностических рентгеновских процедур (>25), по сравнению с теми, кто подвергся меньшему количеству процедур (<5), с отношением рисков (hazard ratio, *HR*) равным 1,4 (95 %-ный ДИ: 1,2–1,7). Отношение рисков (*HR*) для экстракции катаракты в этом исследовании составило 1,50 (95 %-ный ДИ: 1,09–2,06). Отношение рисков на 1 Гр для лиц, подвергшихся трем рентгеновским диагностическим процедурам на область лица и шеи и более, по сравнению с теми, у кого таких процедур не было, составило 1,25 (95 %-ный ДИ: 1,06–1,47); отношение рисков для экстракции катаракты составило 1,71 (95 %-ный ДИ: 1,09–2,68).

*Космическое излучение.* Некоторые исследования были посвящены изучению частоты помутнений хрусталика у авиапилотов и астронавтов, подвергающихся хроническому профессиональному облучению.

В 2001 г. Кукинотта с соавт. [56] обнаружили повышенный риск развития катаракты у астронавтов НАСА. Число полетов более двух, по сравнению с нелетавшими или совершившими только один полет, достигнутый возраст астронавтов и угол наклона полета являлись статистически значимыми модифицирующими факторами. Отношение рисков (*HR*) для развития катаракты в возрасте 60 лет оценивалось равным 2,35 (95 %-ный ДИ: 1,01–5,51) и в возрасте 65 лет – 2,44 (95 %-ный ДИ: 1,20–4,98).

В 2005 г. Рафнссон с соавт. [57] исследовали методом «случай–контроль», связана ли повышенная частота помутнений хрусталика с работой авиапилотов. В анализе учитывали продолжительность работы, часы налета за год, график и маршрут полета и накопленную дозу облучения, рассчитанную на основе вышеуказанной информации. Из четырех типов катаракт (ядерная, кортикальная, центральная оптическая зональная и задняя субкапсулярная) лишь частота ядерных катаракт была статистически значимо выше у пилотов, совершающих регу-

лярные рейсы, по сравнению с лицами, которые никогда не были пилотами, при отношении шансов 3,02 (95 %-ный ДИ: 1,44–6,35). Установлено, что возраст являлся статистически значимым фактором. Так, отношение шансов для лиц в возрасте 50 лет по сравнению с лицами в возрасте 40 лет составило 1,17 (95 %-ный ДИ: 1,12–1,22). Кроме того, результаты исследования свидетельствовали о том, что у пилотов катаракты развивались в более молодом возрасте. Результаты исследований по изучению риска развития катаракты при воздействии солнечного ионизирующего излучения представлены в табл. 4.

*Профессиональное облучение.* В последние годы появились данные о риске развития катаракты у работников, подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению [58]. Обнаружена статистически значимая линейная зависимость заболеваемости катарактой от суммарной дозы внешнего гамма-облучения; избыточный относительный риск (ИОР/Гр) = 0,28 (95 %-ный ДИ: 0,20–0,37). Оценка риска незначительно варьировалась при включении дополнительных поправок на различные нерадиационные факторы (статус курения и употребление алкоголя, индекс курения, артериальная гипертензия, индекс массы тела, наличие установленного диагноза «миопия вы-

сокой степени»). Введение поправки на дозу нейтронного облучения приводило к существенному увеличению ИОР/Гр внешнего гамма-облучения для заболеваемости катарактой (ИОР/Гр = 0,31; 95 %-ный ДИ: 0,22–0,40).

В последнее время большой интерес представляет оценка риска развития катаракты у работников интервенционной хирургии, подвергшихся пролонгированному профессиональному облучению. В исследованиях [59, 60] был показан статистически значимый повышенный риск развития задних субкапсулярных помутнений у интервенционных кардиохирургов. Риск развития катаракты у вспомогательного медицинского персонала был статистически незначимым. Результаты этих исследований представлены в табл. 5.

Таким образом, литературные данные свидетельствуют о том, что старческая катаракта является многофакторным заболеванием. Установлено, что значимыми факторами риска для развития катаракты являются пол, возраст, курение, употребление алкоголя, наличие сопутствующей офтальмологической патологии, некоторые соматические заболевания (например, сахарный диабет), прием некоторых лекарственных препаратов, воздействие ультрафиолетового излучения и др.

Таблица 4

Риск развития катаракты в когортах пилотов и астронавтов

Автор, год	Период наблюдения	Доза облучения	Результаты исследования	Поправка
Chylack et al., 2009	2004–2006	Медианная доза на хрусталик 12,9 мЗв	ОШ для ЗСК = 2,33 (95 %-ный ДИ: 1,16–4,26)	Возраст, солнечное УФ-излучение, место проживания, особенности питания
Chylack et al., 2012	2004–2006	Медианная доза на хрусталик 12,9 мЗв	Космическое ионизирующее излучение связано с увеличением размеров ЗСК и не связано с ядерными катарактами	Возраст, солнечное излучение, место проживания, особенности питания
Cucinotta et al., 2001	1977–1988	Доза на хрусталик 0,2–91,0 мЗв	Отношение рисков = 2,6 (95 %-ный ДИ: 1,5–4,8)	Диабет, почечная недостаточность, прием стероидов, заболевания глаз
Rafnsson et al., 2005	1996–2001	1–48 мЗв	Повышенный риск ядерной катаракты у пилотов	Возраст, курение, привычка загорать

Таблица 5

Риск развития катаракты у персонала интервенционной кардиохирургии

Автор, год	Модель исследования	Результаты, ОР развития задних субкапсулярных помутнений на 1 Гр	
		Кардиохирурги	Медицинские сестры
Ciraj-Bjelac O., 2012	Случай–контроль	2,6 (95 %-ный ДИ: 1,2–5,4)	2,2 (95 %-ный ДИ: 0,98–4,9)
Vano E., 2010	Случай–контроль	3,2 (95 %-ный ДИ: 1,7–6,1)	1,7 (95 %-ный ДИ: 0,8–3,7)

В последние годы показан повышенный риск развития отдельных типов катаракт при воздействии ионизирующего излучения, а также были предприняты попытки оценить пороговую дозу внешнего гамма-облучения для развития различных типов катаракт. В результате исследования [53] пороговая доза внешнего гамма-облучения для ЗСК составила 0,35 (95 %-ный ДИ: 0,19–0,66) Гр, для кортикальной катаракты 0,34 (95 %-ный ДИ: 0,18–0,51). Исследования, проводившиеся в когорте лиц, перенесших атомную бомбардировку [40], по-

казали, что пороговая доза для ЗСК составляла 0,7 (95 %-ный ДИ: 0,0–2,9) Гр, для кортикальной 0,6 (95 %-ный ДИ: 0,0–1,4) Гр. В различных исследованиях пороговая доза для «оперированной» катаракты составляла 0,50 Гр [59] (95 %-ный ДИ: 0,17–0,65), 0,41 Гр [14] (95 %-ный ДИ: 0,04–1,03) и 0,50 (95 %-ный ДИ: 0,10–0,95) Гр [41].

Однако вопрос о том, является ли зависимость «доза–эффект» для развития катаракты пороговой или беспороговой, остается открытым до сих пор.

### Список литературы

1. Abraham A.G., Condon N.G., West Gower E. The new epidemiology of cataract // *Ophthalmol. Clin. North. Am.* – 2006. – Vol. 19, № 4. – P. 415–425. DOI: 10.1016/j.ohc.2006.07.008
2. Pascolini D., Mariotti S.P. Global estimates of visual impairment: 2010 // *Br. J. Ophthalmol.* – 2012. – Vol. 96, № 5. – P. 614–618. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2011-300539
3. Global data on visual impairment in the year 2002 / S. Resnikoff, D. Pascolini, D. Etya'ale, I. Kocur, R. Pararajasegaram, G.P. Pokharel, S.P. Mariotti // *Bull. World Health Organ.* – 2004. – Vol. 82, № 11. – P. 844–851. DOI: /S0042-96862004001100009
4. Ionizing radiation induced cataracts: recent biological and mechanistic developments and perspectives for future research / E.A. Ainsbury, S. Barnard, S. Bright, C. Dalke, M. Jarrin, S. Kunze [et al.] // *Mutat. Res.* – 2016. – № 770 (Pt. B). – P. 238–261. DOI: 10.1016/j.mrrev.2016.07.010
5. The lens opacities classification system III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group / L.T. Jr. Chylack, J.K. Wolfe, D.M. Singer, M.C. Leske, M.A. Bullimore, I.L. Bailey [et al.] // *Arch. Ophthalmol.* – 1993. – Vol. 111, № 6. – P. 831–836.
6. Prokofyeva E., Wegener A., Zrenner E. Cataract prevalence and prevention in Europe: a literature review // *Acta Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 91, № 5. – P. 395–405. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2012.02444.x
7. Клинические рекомендации. Офтальмология / под ред. Л.К. Мошетоной, А.П. Нестерова, Е.А. Егорова. – М.: GEOTAR-Медиа, 2008. – 255 с.
8. The prevalence of eye disease in Leicester: a comparison of adults of Asian and European descent / B.N. Das, J.R. Thompson, R. Patel, A.R. Rosenthal // *J. R. Soc. Med.* – 1994. – Vol. 87, № 4. – P. 219–222.
9. Singapore Malay Eye Study Team. Prevalence and causes of low vision and blindness in an urban Malay population: the Singapore Malay Eye Study / T.Y. Wong, E.W. Chong, W.L. Wong, M. Rosman, T. Aung, J.L. Loo [et al.] // *Arch. Ophthalmol.* – 2008. – Vol. 126, № 8. – P. 1091–1099. DOI: 10.1001/archophth.126.8.1091
10. Smoking, Socioeconomic Factors, and Age-Related Cataract: The Singapore Malay Eye study / R. Wu, J.J. Wang, P. Mitchell, E.L. Lamoureux, Y. Zheng, E. Rochtchina [et al.] // *Arch. Ophthalmol.* – 2010. – Vol. 128, № 8. – P. 1029–1035. DOI: 10.1001/archophth.128.8.1029
11. Risk factors for cortical, nuclear, and posterior subcapsular cataracts: the POLA study. Pathologies Oculaires Liées à l'Age / C. Delcourt, J.P. Cristol, F. Tessier, C.L. Leger, F. Michel, L. Papoz // *Am. J. Epidemiol.* – 2000. – Vol. 151, № 5. – P. 497–504.
12. Prevalence of major eye diseases and causes of visual impairment in the adult Finnish population: a nationwide population-based survey / A. Laitinen, L. Laatikainen, T. Harkanen, S. Koskinen, A. Reunanen, A. Aromaa // *Acta Ophthalmol.* – 2009. – Vol. 88, № 4. – P. 463–471. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01566.x
13. The epidemiology of cataract: a study in Greece / S. Theodoropoulou, P. Theodossiadi, E. Samoli, I. Vergados, P. Lagiou, A. Tzonou // *Acta Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 89, № 2. – P. e167–173. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01831.x
14. Lindblad B.E., Hakansson N., Philipson B. Alcohol Consumption and Risk of Cataract Extraction // *Ophthalmology.* – 2007. – Vol. 114, № 4. – P. 680–685. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.07.046
15. Exogenous oestrogen exposure, female reproductive factors and the long-term incidence of cataract: the Blue Mountains Eye Study / G.L. Kanthan, J.J. Wang, G. Burlutsky, E. Rochtchina, R.G. Cumming, P. Mitchell // *Acta Ophthalmol.* – 2010. – Vol. 88, № 7. – P. 773–778. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01565.x
16. Racial differences in lens opacities: the Salisbury Eye Evaluation (SEE) Project / S.K. West, B. Munoz, O.D. Schein, D.D. Duncan, G.S. Rubin // *Am. J. Epidemiol.* – 1998. – Vol. 148, № 11. – P. 1033–1039.
17. Varma R., Torres M. Prevalence of lens opacities in Latinos: the Los Angeles Latino Eye Study // *Ophthalmology.* – 2004. – Vol. 111, № 8. – P. 1449–1456. DOI: 10.1016/j.ophtha.2004.01.024



18. Smoking and cataract: review of casual association / S.P. Kelly, J. Thornton, R. Edwards, A. Sahu, R. Harrison // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2005. – Vol. 31, № 12. – P. 2395–2404. DOI: 10.1016/j.jcrs.2005.06.039
19. Development of cataract and associated risk factors: the Visual Impairment Project / B.N. Mukesh, A. Le, P.N. Dimitrov, S. Ahmed, H.R. Taylor, C.A. McCarty // *Arch. Ophthalmol.* – 2006. – Vol. 124, № 1. – P. 79–85. DOI: 10.1001/archophth.124.1.79
20. Hormone replacement therapy in relation to risk of cataract extraction: A prospective study of women / B.E. Lindblad, N. Hakansson, B. Philipson, A. Wolk // *Ophthalmology.* – 2010. – Vol. 117, № 3. – P. 424–430. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.07.046
21. Lindblad B.E., Hakansson N., Svensson H., [et al.]. Intensity of smoking and smoking cessation in relation to risk of cataract extraction: a prospective study of women // *Am. J. Epidemiol.* – 2005. – Vol. 162, № 1. – P. 73–79. DOI: 10.1093/aje/kwi168
22. Smoking and the long-term incidence of cataract: the Blue Mountains Eye Study / J.S. Tan, J.J. Wang, C. Younan, R.G. Cumming, E. Rochtchina, P. Mitchell // *Ophthalmic Epidemiol.* – 2008. – Vol. 15, № 3. – P. 155–161. DOI: 10.1080/09286580701840362
23. Harding J.J., van Heyningen R. Beer, cigarettes and military work as risk factors for cataract // *Dev. Ophthalmol.* – 1989. – № 17. – P. 13–16.
24. Antioxidant status in persons with and without senile cataract / P.F. Jacques, L.T. Jr. Chylack, R.B. McGandy, S.C. Hartz // *Arch. Ophthalmol.* – 1988. – Vol. 106, № 3. – P. 337–340.
25. Cumming R.G., Mitchell P. Alcohol, smoking, and cataracts: the Blue Mountains Eye Study // *Arch. Ophthalmol.* – 1997. – Vol. 115, № 10. – P. 1296–1303.
26. Harding J.J., van Heyningen R. Drugs, including alcohol, that act as risk factors for cataract, and possible protection against cataract by aspirin-like analgesics and cyclopentiazide // *Br. J. Ophthalmol.* – 1988. – Vol. 72, № 11. – P. 809–814.
27. Alcohol use and lens opacities in the Beaver Dam Eye Study / L.L. Ritter, B.E. Klein, R. Klein, J.A. Mares-Perlman // *Arch. Ophthalmol.* – 1993. – Vol. 111, № 1. – P. 113–117.
28. A prospective study of alcohol consumption and risk of cataract / J.E. Manson, W.G. Christen, J.M. Seddon, R.J. Glynn, C.H. Hennekens // *Am. J. Prev. Med.* – 1994. – Vol. 10, № 3. – P. 156–161.
29. Cumming R.G., Mitchell P., Leeder S.R. Use of inhaled corticosteroids and the risk of cataracts // *N. Engl. J. Med.* – 1997. – Vol. 337, № 1. – P. 8–14. DOI: 10.1056/NEJM199707033370102
30. A prospective study of alcohol consumption and cataract extraction among U.S. women / L. Chasan-Taber, W.C. Willett, J.M. Seddon, M.J. Stampfer, B. Rosner, G.A. Colditz, [et al.] // *Ann. Epidemiol.* – 2000. – Vol. 10, № 6. – P. 347–53.
31. Moderate alcoholic beverage intake and early nuclear and cortical lens opacities / M.S. Morris, P.F. Jacques, S.E. Hankinson, L.T. Jr. Chylack, W.C. Willett, A. Taylor // *Ophthalmic. Epidemiol.* – 2004. – Vol. 11, № 1. – P. 53–65. DOI: 10.1076/oep.11.1.53.26439
32. Kanthan G.L., Mitchell P., Burlutsky G., Wang J.J. Fasting blood glucose levels and the longterm incidence and progression of cataract – the Blue Mountains Eye Study // *Acta Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 89, № 5. – P. e434–e438. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2011.02149.x
33. Grauslund J., Green A., Sjolie A.K. Cataract surgery in a population-based cohort of patients with type 1 diabetes: long-term incidence and risk factors // *Acta Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 89, № 1. – P. 25–29. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01619.x
34. Limaye S.R., Pillai S., Tina L.U. Relationship of steroid dose to degree of posterior subcapsular cataracts in nephrotic syndrome // *Ann. Ophthalmol.* – 1988. – Vol. 20, № 6. – P. 225–227.
35. Skalka H.W., Prchal J.T. Effect of corticosteroids on cataract formation // *Arch. Ophthalmol.* – 1980. – Vol. 98, № 10. – P. 1773–1737.
36. The Childhood Asthma Management Program Research Group. Long-term effects of budesonide or nedocromil in children with asthma // *N. Engl. J. Med.* – 2000. – Vol. 343, № 15. – P. 1054–1063. DOI: 10.1056/NEJM200010123431501
37. Agertoft L., Pedersen S. Bone mineral density in children with asthma receiving long-term treatment with inhaled budesonide // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 1998. – Vol. 157, № 1. – P. 178–183. DOI: 10.1164/ajrcm.157.1.9707072
38. Jick S.S., Vasilakis-Scaramozza C., Maier W.C. The risk of cataract among users of inhaled steroids // *Epidemiology.* – 2001. – Vol. 12, № 2. – P. 229–234.
39. Garbe E., Suissa S., LeLorier J. Association of inhaled corticosteroid use with cataract extraction in elderly patients // *JAMA.* – 1998. – Vol. 280, № 6. – P. 539–543.
40. A population based case-control study of cataract and inhaled corticosteroids / L. Smeeth, M. Boulis, R. Hubbard, A.E. Fletcher // *Br. J. Ophthalmol.* – 2003. – Vol. 87, № 10. – P. 1247–1251.
41. Statin use and incident nuclear cataract / B.E. Klein, R. Klein, K. Lee, L.M. Grady // *JAMA.* – 2006. – Vol. 295, № 23. – P. 2752–2758. DOI: 10.1001/jama.295.23.2752

42. Otake M., Schull W.J. A review of forty-five years study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. *Radiation cataract* // *J. Radiat. Res. (Tokyo)*. – 1991. – № 32. – P. 283–293.
43. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971. – 380 с.
44. Merriam G.R., Focht E.F. A clinical study of radiation cataracts and the relationship to dose // *Am. J. Roentgenol. Radiat. Ther. Nucl. Med.* – 1957. – Vol. 77, № 5. – P. 759–785.
45. Wilde G., Sjostrand J. A clinical study of radiation cataract formation in adult life following c irradiation of the lens in early childhood // *Br. J. Ophthalmol.* – 1997. – Vol. 81, № 4. – P. 261–266.
46. Hall E.J. *Radiobiology for the Radiologist*, 4th ed. – Philadelphia: J.B. Lippincott, 1994. – 478 p.
47. Cataract in atomic bomb survivors / A. Minamoto, H. Taniguchi, N. Yoshitani, S. Mukai, T. Yokoyama, T. Kumagami [et al.] // *Int. J. Radiat. Biol.* – 2004. – Vol. 80, № 5. – P. 339–345. DOI: 10.1080/09553000410001680332
48. Noncancer disease incidence in atomic bomb survivors 1958–1998 / M. Yamada, F.L. Wong, S. Fujiwara, M. Akahoshi, G. Suzuki // *Radiat. Res.* – 2004. – Vol. 161, № 6. – P. 622–632.
49. Nakashima E., Neriishi K., Minamoto A. A reanalysis of atomic-bomb cataract data, 2000–2002, a threshold analysis // *Health Phys.* – 2006. – Vol. 90, № 2. – P. 154–160.
50. Radiation dose responses, thresholds, and false negative rates in a series of cataract surgery prevalence studies among atomic bomb survivors / E. Nakashima, K. Neriishi, A. Minamoto, W. Ohishi, M. Akahoshi // *Health Phys.* – 2013. – Vol. 105, № 3. – P. 253–260. DOI: 10.1097/HP.0b013e3182932e4c
51. Radiation dose and cataract surgery incidence in atomic bomb survivors, 1986–2005 / K. Neriishi, E. Nakashima, M. Akahoshi, A. Hida, E.J. Grant, N. Masunari [et al.] // *Radiology*. – 2012. – Vol. 265, № 1. – P. 167–174. DOI: 10.1148/radiol.12111947
52. Postoperative cataract cases among atomic bomb survivors, radiation dose response and threshold / K. Neriishi, E. Nakashima, A. Minamoto, S. Fujiwara, M. Akahoshi, H.K., Mishima [et al.] // *Radiat. Res.* – 2007. – Vol. 168, № 4. – P. 404–408. DOI: 10.1667/RR0928.1
53. Cataracts among Chernobyl clean-up workers, implications regarding permissible eye exposures / B.V. Worgul, Y.I. Kundiyeu, N.M. Sergiyenko, V.V. Chumak, P.M. Vitte, C. Medvedovsky [et al.] // *Radiat. Res.* – 2007. – Vol. 167, № 2. – P. 233–243.
54. Lenticular opacities in individuals exposed to ionizing radiation in infancy / P. Hall, F. Granath, M. Lundell, K. Olsson, L.E. Holm // *Radiat. Res.* – 1999. – Vol. 152, № 2. – P. 190–195.
55. Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation, a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists / G. Chodick, N. Bekiroglu, M. Hauptmann, B.H. Alexander, M. Freedman, M.M. Drudy [et al.] // *Am. J. Epidemiol.* – 2008. – Vol. 168, № 6. – P. 620–631. DOI: 10.1093/aje/kwn171
56. Space radiation and cataracts in astronauts / F.A. Cucinotta, F.K. Manuel, J. Jones, G. Iszard, J. Murrey, B. Djojonegro, M. Wear // *Radiat. Res.* – 2001. – Vol. 156, № 5 (Pt. 1). – P. 460–466.
57. Cosmic radiation increases the risk of nuclear cataract in airline pilots / V. Rafnsson, E. Olafsdottir, J. Hrafnkelsson, H. Sasaki, A. Arnarsson, F. Johansson // *Arch. Ophthalmol.* – 2005. – Vol. 123, № 8. – P. 1102–1105. DOI: 10.1001/archophth.123.8.1102
58. Risk of Cataract Incidence in a Cohort of Mayak PA Workers following Chronic Occupational Radiation Exposure / T.V. Azizova, E.V. Bragin, N. Hamada, M.V. Bannikova // *PLoS ONE*. – 2016. – Vol. 11, № 10. – P. e0164357. DOI: 10.1371/journal.pone.0164357
59. Radiation-induced eye lens changes and risk for cataract in interventional cardiology / O. Ciraj-Bjelac, M. Rehani, A. Minamoto, K.H. Sim, H.B. Liew, E. Vano // *Cardiology*. – 2012. – Vol. 123, № 3. – P. 168–171. DOI: 10.1159/000342458
60. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel / E. Vano, N.J. Kleiman, A. Duran, M.M. Rehani, D. Echeverri, M. Cabrera // *Radiat. Res.* – 2010. – Vol. 174, № 4. – P. 490–495. DOI: 10.1667/RR2207.1

*Брагин Е.В. Обзор факторов риска развития старческой катаракты // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 113–125. DOI: 10.21668/health.risk/2018.01.13*

UDC 617.741-004.1-053.9

DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.13.eng

**RISK FACTORS WHICH CAUSE SENILE CATARACT EVOLVEMENT: OUTLINE****E.V. Bragin**

Southern Urals Biophysics Institute of Federal Medical-Biological Agency, 19 Ozerskoe shosse, Ozersk, 456780, Russian Federation

*Examination of natural ageing processes including those caused by multiple external factors has been attracting researchers' attention over the last years. Senile cataract is a multi-factor disease. Expenditure on cataract surgery remain one of the greatest expenses items in public health care. Age is a basic factor which causes senile cataract. Morbidity with cataract doubles each 10 years of life. This outline considers some literature sources which describe research results on influence exerted on cataract evolvement by such risk factors as age, sex, race, smoking, alcohol intake, pancreatic diabetes, intake of certain medications, a number of environmental factors including ultraviolet and ionizing radiation. mane of these factors are shown to increase or reduce senile cataract risk; there are conflicting data on certain factors. The outline also contains quantitative characteristics of cataract risks which are given via odds relation and evolve due to age parameters impacts, alcohol intake, ionizing radiation, etc. The authors also state that still there is no answer to the question whether dose-effect relationship for cataract evolvement is a threshold or non-threshold.*

**Key words:** multi-factor disease, senile cataract, risk factors, relative risk, odds relation, age parameters, dose-effect relationship.

**References**

1. Abraham A.G., Condon N.G., West Gower E. The new epidemiology of cataract. *Ophthalmol. Clin. North. Am.*, 2006, vol. 19, no. 4, pp. 415–425. DOI: 10.1016/j.ohc.2006.07.008
2. Pascolini D., Mariotti S.P. Global estimates of visual impairment: 2010. *Br. J. Ophthalmol.*, 2012, vol. 96, no. 5, pp. 614–618. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2011-300539
3. Resnikoff S., Pascolini D., Etya'ale D., Kocur I., Pararajasegaram R., Pokharel G.P., Mariotti S.P. Global data on visual impairment in the year 2002. *Bull. World Health Organ*, 2004, vol. 82, no. 11. – P. 844–851. DOI: /S0042-96862004001100009
4. Ainsbury E.A., Barnard S., Bright S., Dalke C., Jarrin M., Kunze S. [et al.]. Ionizing radiation induced cataracts: recent biological and mechanistic developments and perspectives for future research. *Mutat. Res.*, 2016, no. 770 (Pt. B), pp. 238–261. DOI: 10.1016/j.mrrev.2016.07.010
5. Chylack L.T.Jr., Wolfe J.K., Singer D.M., Leske M.C., Bullimore M.A., Bailey I.L. [et al.]. The lens opacities classification system III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch. Ophthalmol.*, 1993, vol. 111, no. 6, pp. 831–836.
6. Prokofyeva E., Wegener A., Zrenner E. Cataract prevalence and prevention in Europe: a literature review. *Acta Ophthalmol*, 2013, vol. 91, no. 5, pp. 395–405. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2012.02444.x
7. Klinicheskie rekomendatsiyu. Oftal'mologiya [Clinical recommendations. Ophthalmology]. In: L.K. Moshe-tova, A.P. Nesterov, E.A. Egorov, eds. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2008, 255 p. (in Russian).
8. Das B.N., Thompson J.R., Patel R., Rosenthal A.R. The prevalence of eye disease in Leicester: a comparison of adults of Asian and European descent. *J. R. Soc. Med.*, 1994, vol. 87, no. 4, pp. 219–222.
9. Wong T.Y., Chong E.W., Wong W.L., Rosman M., Aung T., Loo J.L. [et al.]. Singapore Malay Eye Study Team. Prevalence and causes of low vision and blindness in an urban Malay population: the Singapore Malay Eye Study. *Arch. Ophthalmol.*, 2008, vol. 126, no. 8, pp. 1091–1099. DOI: 10.1001/archophth.126.8.1091
10. Wu R., Wang J.J., Mitchell P., Lamoureux E.L., Zheng Y., Rochtchina E. [et al.]. Smoking, Socioeconomic Factors, and Age-Related Cataract: The Singapore Malay Eye study. *Arch. Ophthalmol.*, 2010, vol. 128, no. 8, pp. 1029–1035. DOI: 10.1001/archophth.2010.147
11. Delcourt C., Cristol J.P., Tessier F., Leger C.L., Michel F., Papoz L. Risk factors for cortical, nuclear, and posterior subcapsular cataracts: the POLA study. *Pathologies Oculaires Liées à l'Age. Am. J. Epidemiol.*, 2000, vol. 151, no. 5, pp. 497–504.
12. Laitinen A., Laatikainen L., Harkanen T., Koskinen S., Reunanen A., Aromaa A. Prevalence of major eye diseases and causes of visual impairment in the adult Finnish population: a nationwide population-based survey. *Acta Ophthalmol.*, 2009, vol. 88, no 4, pp. 463–471. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01566.x

© Bragin E.V., 2018

**Evgeniy V. Bragin** – Researcher at Clinical Department (e-mail: clinic@subi.su; tel.: +7 (35130) 2-93-20).

13. Theodoropoulou S., Theodossiadis P., Samoli E., Vergados I., Lagiou P., Tzonou A. The epidemiology of cataract: a study in Greece. *Acta Ophthalmol.*, 2011, vol. 89, no 2, pp. e167–173. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01831.x
14. Lindblad B.E., Hakansson N., Philipson B. Alcohol Consumption and Risk of Cataract Extraction. *Ophthalmology*, 2007, vol. 114, no. 4, pp. 680–685. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.07.046
15. Kanthan G.L., Wang J.J., Burlutsky G., Rochtchina E., Cumming R.G., Mitchell P. Exogenous oestrogen exposure, female reproductive factors and the long-term incidence of cataract: the Blue Mountains Eye Study. *Acta Ophthalmol.*, 2010, vol. 88, no 7, pp. 773–778. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01565.x
16. West S.K., Munoz B., Schein O.D., Duncan D.D., Rubin G.S. Racial differences in lens opacities: the Salisbury Eye Evaluation (SEE) Project. *Am. J. Epidemiol.*, 1998, vol. 148, no 11, pp. 1033–1039.
17. Varma R., Torres M. Prevalence of lens opacities in Latinos: the Los Angeles Latino Eye Study. *Ophthalmology*, 2004, vol. 111, no. 8, pp. 1449–1456. DOI: 10.1016/j.ophtha.2004.01.024
18. Kelly S.P., Thornton J., Edwards R., Sahu A., Harrison R. Smoking and cataract: review of casual association. *J. Cataract. Refract. Surg.*, 2005, vol. 31, no. 12, pp. 2395–2404. DOI: 10.1016/j.jcrs.2005.06.039
19. Mukesh B.N., Le A., Dimitrov P.N., Ahmed S., Taylor H.R., McCarty C.A. Development of cataract and associated risk factors: the Visual Impairment Project. *Arch. Ophthalmol.*, 2006, vol. 124, no. 1, pp. 79–85. DOI: 10.1001/archophth.124.1.79
20. Lindblad B.E., Hakansson N., Philipson B., Wolk A. Hormone replacement therapy in relation to risk of cataract extraction: A prospective study of women. *Ophthalmology*, 2010, vol. 117, no. 3, pp. 424–430. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.07.046
21. Lindblad B.E., Hakansson N., Svensson H. [et al.]. Intensity of smoking and smoking cessation in relation to risk of cataract extraction: a prospective study of women. *Am. J. Epidemiol.*, 2005, vol. 162, no. 1, pp. 73–79. DOI: 10.1093/aje/kwi168
22. Tan J.S., Wang J.J., Younan C., Cumming R.G., Rochtchina E., Mitchell P. Smoking and the long-term incidence of cataract: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmic Epidemiol.*, 2008, vol. 15, no 3, pp. 155–161. DOI: 10.1080/09286580701840362
23. Harding J.J., van Heyningen R. Beer, cigarettes and military work as risk factors for cataract. *Dev. Ophthalmol.*, 1989, no. 17, pp. 13–16.
24. Jacques P.F., Chylack L.T. Jr., McGandy R.B., Hartz S.C. Antioxidant status in persons with and without senile cataract. *Arch. Ophthalmol.*, 1988, vol. 106, no. 3, pp. 337–340.
25. Cumming R.G., Mitchell P. Alcohol, smoking, and cataracts: the Blue Mountains Eye Study. *Arch. Ophthalmol.*, 1997, vol. 115, no. 10, pp. 1296–1303.
26. Harding J.J., van Heyningen R. Drugs, including alcohol, that act as risk factors for cataract, and possible protection against cataract by aspirin-like analgesics and cyclopentiazide. *Br. J. Ophthalmol.*, 1988, vol. 72, no. 11, pp. 809–814.
27. Ritter L.L., Klein B.E., Klein R., Mares-Perlman J.A. Alcohol use and lens opacities in the Beaver Dam Eye Study. *Arch. Ophthalmol.*, 1993, vol. 111, no. 1, pp. 113–117.
28. Manson J.E., Christen W.G., Seddon J.M., Glynn R.J., Hennekens C.H. A prospective study of alcohol consumption and risk of cataract. *Am. J. Prev. Med.*, 1994, vol. 10, no. 3, pp. 156–161.
29. Cumming R.G., Mitchell P., Leeder S.R. Use of inhaled corticosteroids and the risk of cataracts. *N. Engl. J. Med.*, 1997, vol. 337, no. 1, pp. 8–14. DOI: 10.1056/NEJM199707033370102
30. Chasan-Taber L., Willett W.C., Seddon J.M., Stampfer M.J., Rosner B., Colditz G.A. [et al.]. A prospective study of alcohol consumption and cataract extraction among U.S. women. *Ann. Epidemiol.*, 2000, vol. 10, no. 6, pp. 347–53.
31. Morris M.S., Jacques P.F., Hankinson S.E., Chylack L.T. Jr., Willett W.C., Taylor A. Moderate alcoholic beverage intake and early nuclear and cortical lens opacities. *Ophthalmic Epidemiol.*, 2004, vol. 11, no. 1, pp. 53–65. DOI: 10.1076/oep.11.1.53.26439
32. Kanthan G.L., Mitchell P., Burlutsky G., Wang J.J. Fasting blood glucose levels and the longterm incidence and progression of cataract – the Blue Mountains Eye Study. *Acta Ophthalmol.*, 2011, vol. 89, no. 5, pp. e434–e438. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2011.02149.x
33. Grauslund J., Green A., Sjolie A.K. Cataract surgery in a population-based cohort of patients with type 1 diabetes: long-term incidence and risk factors. *Acta Ophthalmol.*, 2011, vol. 89, no. 1, pp. 25–29. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01619.x
34. Limaye S.R., Pillai S., Tina L.U. Relationship of steroid dose to degree of posterior subcapsular cataracts in nephrotic syndrome. *Ann. Ophthalmol.*, 1988, vol. 20, no. 6, pp. 225–227.
35. Skalka H.W., Prchal J.T. Effect of corticosteroids on cataract formation. *Arch. Ophthalmol.*, 1980, vol. 98, no. 10, pp. 1773–1737.
36. The Childhood Asthma Management Program Research Group. Long-term effects of budesonide or nedocromil in children with asthma. *N. Engl. J. Med.*, 2000, vol. 343, no. 15, pp. 1054–1063. DOI: 10.1056/NEJM200010123431501
37. Agertoft L., Pedersen S. Bone mineral density in children with asthma receiving long-term treatment with inhaled budesonide. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 1998, vol. 157, no. 1, pp. 178–183. DOI: 10.1164/ajrcm.157.1.9707072

38. Jick S.S., Vasilakis-Scaramozza C., Maier W.C. The risk of cataract among users of inhaled steroids. *Epidemiology*, 2001, vol. 12, no. 2, pp. 229–234.
39. Garbe E., Suissa S., LeLorier J. Association of inhaled corticosteroid use with cataract extraction in elderly patients. *JAMA*, 1998, vol. 280, no. 6, pp. 539–543.
40. Smeeth L., Boullis M., Hubbard R., Fletcher A.E. A population based case-control study of cataract and inhaled corticosteroids. *Br. J. Ophthalmol.*, 2003, vol. 87, no. 10, pp. 1247–1251.
41. Klein B.E., Klein R., Lee K., Grady L.M. Statin use and incident nuclear cataract. *JAMA*, 2006, vol. 295, no. 23, pp. 2752–2758. DOI: 10.1001/jama.295.23.2752
42. Otake M., Schull W.J. A review of forty-five years study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. Radiation cataract. *J. Radiat. Res. (Tokyo)*, 1991, no. 32, pp. 283–293.
43. Gus'kova A.K., Baisogolov G.D. Luchevaya bolezni cheloveka [Human radiation sickness]. Moscow, Meditsina Publ., 1971, 380 p. (in Russian).
44. Merriam G.R., Focht E.F. A clinical study of radiation cataracts and the relationship to dose. *Am. J. Roentgenol. Radiat. Ther. Nucl. Med.*, 1957, vol. 77, no. 5, pp. 759–785.
45. Wilde G., Sjostrand J. A clinical study of radiation cataract formation in adult life following c irradiation of the lens in early childhood. *Br. J. Ophthalmol.*, 1997, vol. 81, no. 4, pp. 261–266.
46. Hall E.J. Radiobiology for the Radiologist, 4th ed. Philadelphia: J.B. Lippincott, 1994, 478 p.
47. Minamoto A., Taniguchi H., Yoshitani N., Mukai S., Yokoyama T., Kumagami T. [et al.]. Cataract in atomic bomb survivors. *Int. J. Radiat. Biol.*, 2004, vol. 80, no. 5, pp. 339–345. DOI: 10.1080/09553000410001680332
48. Yamada M., Wong F.L., Fujiwara S., Akahoshi M., Suzuki G. Noncancer disease incidence in atomic bomb survivors 1958–1998. *Radiat. Res.*, 2004, vol. 161, no. 6, pp. 622–632.
49. Nakashima E., Neriishi K., Minamoto A. A reanalysis of atomic-bomb cataract data, 2000–2002, a threshold analysis. *Health Phys.*, 2006, vol. 90, no. 2, pp. 154–160.
50. Nakashima E., Neriishi K., Minamoto A., Ohishi W., Akahoshi M. Radiation dose responses, thresholds, and false negative rates in a series of cataract surgery prevalence studies among atomic bomb survivors. *Health Phys.*, 2013, vol. 105, no. 3, pp. 253–260. DOI: 10.1097/HP.0b013e3182932e4c
51. Neriishi K., Nakashima E., Akahoshi M., Hida A., Grant E.J., Masunari N. [et al.]. Radiation dose and cataract surgery incidence in atomic bomb survivors, 1986–2005. *Radiology*, 2012, vol. 265, no. 1, pp. 167–174. DOI: 10.1148/radiol.12111947
52. Neriishi K., Nakashima E., Minamoto A., Fujiwara S., Akahoshi M., Mishima H.K., [et al.]. Postoperative cataract cases among atomic bomb survivors, radiation dose response and threshold. *Radiat. Res.*, 2007, vol. 168, no. 4, pp. 404–408. DOI: 10.1667/RR0928.1
53. Worgul B.V., Kundiyeve Y.I., Sergiyenko N.M., Chumak V.V., Vitte P.M., Medvedovsky C., [et al.]. Cataracts among Chernobyl clean-up workers, implications regarding permissible eye exposures. *Radiat. Res.*, 2007, vol. 167, no. 2, pp. 233–243.
54. Hall P., Granath F., Lundell M., Olsson K., Holm L.E. Lenticular opacities in individuals exposed to ionizing radiation in infancy. *Radiat. Res.*, 1999, vol. 152, no. 2, pp. 190–195.
55. Chodick G., Bekiroglu N., Hauptmann M., Alexander B.H., Freedman M., Drudy M.M., [et al.]. Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation, a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists. *Am. J. Epidemiol.*, 2008, vol. 168, no. 6, pp. 620–631. DOI: 10.1093/aje/kwn171
56. Cucinotta F.A., Manuel F.K., Jones J., Iszard G., Murrey J., Djojonegro B., Wear M. Space radiation and cataracts in astronauts. *Radiat. Res.*, 2001, vol. 156, no. 5 (Pt. 1), pp. 460–466.
57. Rafnsson V., Olafsdottir E., Hrafnkelsson J., Sasaki H., Arnarsson A., Johansson F. Cosmic radiation increases the risk of nuclear cataract in airline pilots. *Arch. Ophthalmol.*, 2005, vol. 123, no. 8, pp. 1102–1105. DOI: 10.1001/archophth.123.8.1102
58. Azizova T.V., Bragin E.V., Hamada N., Bannikova M.V. Risk of Cataract Incidence in a Cohort of Mayak PA Workers following Chronic Occupational Radiation Exposure. *PLoS ONE*, 2016, vol. 11, no. 10, pp. e0164357. DOI: 10.1371/journal.pone.0164357
59. Ciraj-Bjelac O., Rehani M., Minamoto A., Sim K.H., Liew H.B., Vano E. Radiation-induced eye lens changes and risk for cataract in interventional cardiology. *Cardiology*, 2012, vol. 123, no. 3, pp. 168–171. DOI: 10.1159/000342458
60. Vano E., Kleiman N.J., Duran A., Rehani M.M., Echeverri D., Cabrera M. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat. Res.*, 2010, vol. 174, no. 4, pp. 490–495. DOI: 10.1667/RR2207.1

Bragin E.V. Risk factors which cause senile cataract evolvement: outline. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 1, pp. 113–125. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.13.eng

Получена: 07.03.2018

Принята: 23.03.2018

Опубликована: 30.03.2018

# НОВЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ, НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СФЕРЕ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

---

Январь–март 2018 г.

**Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 1 от 16.01.2018 г. «О внесении изменения в приложение № 19 к разделу 22 главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)»**

1-Фенилпропан-2-он исключен из перечня вкусоароматических химических веществ, разрешенных для применения при производстве пищевых ароматизаторов.

**Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 12 от 23.01.2018 г. «О внесении изменения в раздел 13 главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)»**

В новой редакции изложен Раздел 13 «Требования к сигаретам и табачному сырью» Единых санитарных требований. Указанный раздел переименован в «Требования к некурительной табачной продукции, некурительным табачным изделиям и используемому для их производства табачному сырью». Устанавливаются требования к некурительной табачной продукции, некурительным табачным изделиям (в том числе к табаку жевательному, табаку нюхательному, табаку сосательному (снюсу)) и используемому для их производства табачному сырью, классифицируемому в товарных позициях 2401 и 2403 ТН ВЭД ЕАЭС.

**Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 22 от 07.02.2018 г. «О перечне международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Евразийского экономического союза “О безопасности оборудо-**

**вания для детских игровых площадок” (ТР ЕАЭС 042/2017) и... технического регламента Евразийского экономического союза “О безопасности оборудования для детских игровых площадок” (ТР ЕАЭС 042/2017) и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования»**

Утверждены перечни стандартов, необходимых для соблюдения требований технического регламента ЕАЭС «О безопасности оборудования для детских игровых площадок» (ТР ЕАЭС 042/2017). Приведены перечни международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение установленных регламентом требований. Утвержден перечень международных и региональных (межгосударственных) стандартов, при их отсутствии – национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований названного технического регламента «О безопасности оборудования для детских игровых площадок» (ТР ЕАЭС 042/2017) и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования.

**Решение Совета Евразийской экономической комиссии № 5 от 16.02.2018 г. «О внесении изменений в Решение Комиссии Таможенного союза № 299 от 28 мая 2010 г.»**

Внесены уточнения в порядок осуществления санитарно-эпидемиологического надзора (контроля) за лицами, транспортными средствами, подконтрольной продукцией (товарами), пересекающими таможенную границу ЕАЭС. Скорректирован понятийный аппарат, актуализирован перечень документов (сведений), используемых в качестве подтверждения наличия государственной регистрации подконтрольных товаров. В новой редакции изложены некоторые приложения к указанному Порядку.

**Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 37 от 06.03.2018 г. «О внесении изменений в Решение Комиссии Таможенного союза № 878 от 9 декабря 2011 г.»**

В новой редакции изложены перечни стандартов и документов в области стандартизации, необходимых для исполнения и применения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (ТР ТС 019/2011). Приведен перечень стандартов (с указанием сроков их действия) в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований указанного технического регламента, а также перечень документов в области стандартизации, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, необходимые для осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования.

**Указ Президента РФ № 12 от 11.01.2018 г. «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года»**

Основы государственной политики России в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 г. среди прочего предполагают повышение эффективности управления рисками в чрезвычайных ситуациях с учетом современных угроз природного, техногенного и иного характера; развитие систем раннего обнаружения быстроразвивающихся опасных природных явлений и процессов; создание универсальных средств индивидуальной защиты облегченного типа, а также совершенствование порядка организации хранения средств индивидуальной защиты и обеспечения ими населения; проведение массовых мероприятий (тренингов, лекций, встреч с гражданами и иных мероприятий) в целях формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения; внедрение риск-ориентированного подхода при организации и осуществлении государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

**Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018 г.**

В послании среди прочих затронуты вопросы демографии, экологии, образования, здравоохранения, социальной сферы, развития российской экономики, международных отно-

шений. Среди важнейших задач: сбережение народа России и обеспечение благополучия граждан; обеспечение устойчивого естественного роста численности населения России.

В сфере здравоохранения поставлены задачи обеспечения шаговой доступности в первичном звене здравоохранения, создания единого «контура» лечебно-профилактических учреждений разного уровня с целью привлечения для помощи каждому человеку сил всей национальной системы здравоохранения; реализация специальной общенациональной программы по борьбе с онкологическими заболеваниями с привлечением науки, построением современной комплексной системы диагностики, лечения, профилактики, в том числе через реализацию крупных междисциплинарных проектов в области геномных исследований

В сфере развития городов озвучена необходимость решения проблем свалок промышленных и бытовых отходов, рекультивации мест складирования отходов. Поставлена цель существенного повышения качества питьевой воды.

Отмечено, что в течение двух лет необходимо перевести всю систему контроля и надзора за бизнесом на риск-ориентированный подход.

**Постановление Правительства РФ № 31 от 19.01.2018 г. «О внесении изменений в единый перечень продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии»**

Из перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия, исключены разделы, классифицирующие рыбу и продукцию из нее. Установлено, что сроки действия деклараций о соответствии, принятых до дня вступления в силу технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016), а также порядок производства и выпуска в обращение продукции по указанным декларациям устанавливаются в соответствии с Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии № 40 от 24 апреля 2017 г. «О переходных положениях технического регламента Евразийского экономического союза “О безопасности рыбы и рыбной продукции” (ТР ЕАЭС 040/2016)». Продукция и (или) упаковка, выпущенные в обращение на территории Российской Федерации по указанным декларациям, перемаркированию знаком соответствия не подлежат.

**Постановление Правительства РФ № 52 от 24.01.2018 г. «О внесении изменения в перечень рабочих мест в организациях, осуществляющих отдельные виды деятельности, в отношении которых специальная оценка условий труда проводится с учетом устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти особенностей»**

Расширен перечень рабочих мест, в отношении которых установлены особенности проведения специальной оценки условий труда. В указанный перечень, утвержденный Постановлением Правительства РФ № 290 от 14.04.2014 г., включены: рабочие места работников, на которых непосредственно осуществляется разработка, изготовление, переработка, испытание, утилизация, межоперационное хранение взрывчатых веществ, пиротехнических составов, порохов, ракетных топлив, средств инициирования и изделий на их основе в организациях, эксплуатирующих радиационно опасные и ядерно опасные производства (объекты), и организациях промышленности боеприпасов и спецхимии. Конкретные особенности проведения специальной оценки условий труда в отношении указанных рабочих мест должны быть определены Минтрудом России до 1 июля 2018 г.

**Распоряжение Правительства РФ № 84-р от 25.01.2018 г. «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года»**

Утверждена стратегия по формированию в России новой отрасли промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов. Новая отрасль должна будет объединить в своей инфраструктуре: хозяйствующие субъекты, реализующие деятельность по созданию, производству и выпуску техники, технологий, установок, оборудования для обработки, утилизации и обезвреживания отходов; научно-исследовательские, опытно-конструкторские организации, учреждения, занятые в сфере разработки инновационных технологий ресурсосбережения, обработки, утилизации и обезвреживания отходов; хозяйствующие субъекты одной или нескольких отраслей экономики, осуществляющие деятельность в области обработки, утилизации и обезвреживания отходов, производства продукции из вторичного сырья.

Инновационный вариант развития отрасли является целевым и предполагает комплексное сбалансированное эффективное развитие отрас-

ли промышленности, создание условий для инновационного развития отрасли, а также привлечение необходимого и достаточного объема финансирования.

В приложениях к стратегии приведены: перечень основных видов промышленных объектов, образующих отходы и использующих в производстве обработанное вторичное сырье из отходов; целевые показатели стратегии на период до 2030 г.; показатели стратегии на период до 2030 г., определяющие ресурсный потенциал по отдельным видам отходов.

**Постановление Правительства РФ № 81 от 29.01.2018 г. «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации № 839 от 23 сентября 2013 г.»**

Уточнены правила государственной регистрации генно-модифицированных организмов (ГМО), предназначенных для выпуска в окружающую среду, и продукции, их содержащей или полученной с их применением. Установлено, что если государственная регистрация такой продукции начата независимо от заявляемого вида целевого использования до 1 июля 2017 г., а также начаты молекулярно-генетическое исследование, медико-биологическая оценка, санитарно-эпидемиологическая экспертиза, исследование биологической безопасности, то государственная регистрация модифицированных организмов, с применением которых получена продукция и (или) которые она содержит, не требуется.

Регистрирующий орган принимает решение о регистрации такой продукции на основании заявления, принятого до 1 июля 2017 г., и заключений о результатах исследований, оценки и экспертизы, проведение которых начато до указанной даты.

**Постановление Правительства РФ № 222 от 03.03.2018 г. «Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон»**

Утвержден порядок установления, изменения и прекращения существования санитарно-защитных зон. Определены перечень объектов, в отношении которых должны устанавливаться санитарно-защитные зоны; порядок и основания принятия решения о создании, изменении или прекращении существования санитарно-защитной зоны; допустимые цели использования земельных участков, расположенных в пределах санитарно-защитной зоны.



Установлены требования к заявлению об установлении, изменении или прекращении санитарно-защитной зоны, прилагаемым к ним документам и круг лиц, обращающихся с соответствующим заявлением; требования к содержанию решений о создании, изменении или прекращении санитарно-защитной зоны; основания отказа в установлении санитарно-защитной зоны.

Закреплено, что сведения о создании санитарно-защитной зоны вносятся в Единый государственный реестр недвижимости, а сама санитарно-защитная зона считается установленной со дня внесения соответствующих сведений.

Со дня установления санитарно-защитной зоны на земельных участках, расположенных в границах такой зоны, не допускаются строительство, реконструкция объектов капитального строительства, разрешенное использование которых не соответствует ограничениям использования земельных участков, предусмотренным решением об установлении санитарно-защитной зоны, а также использование земельных участков, не соответствующее указанным ограничениям.

**Программа «Эпидемиологический надзор и профилактика энтеровирусной (неполио) инфекции на 2018–2022 гг.». Утверждена руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 18.01.2018 г.)**

Цель программы – совершенствование мониторинга заболеваемости энтеровирусной (неполио) инфекцией, циркуляции штаммов неполиомиелитных энтеровирусов, снижение рисков распространения и формирования очагов заболеваний.

В числе заявленных задач программы: изучение эпидемического процесса инфекции; установление закономерностей эпидемических подъемов заболеваемости; раннее выявление эпидемических штаммов; совершенствование лабораторной диагностики инфекции; подготовка квалифицированных кадров по вопросам диагностики, эпидемиологии и профилактики инфекции.

Среди ожидаемых результатов программы: поддержание низких уровней заболеваемости инфекцией; уменьшение случаев инвалидизации и предотвращение летальных исходов; снижение числа вспышек инфекции.

**Письмо Роспотребнадзора от 23.01.2018 г. «О нормировании содержания трансизомеров жирных кислот в продуктах питания»**

С 1 января 2018 г. вступил в силу после переходного периода новый норматив содержания

трансизомеров жирных кислот в масложировой продукции (технический регламент Таможенного союза ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию», утвержденный Решением Комиссии Таможенного союза № 883 от 09.12.2011 г.). Содержание трансизомеров жирных кислот в твердых маргаринах, мягких и жидких маргаринах, заменителях молочного жира, жирах специального назначения должно составлять не более 2,0 % от общего содержания жира в пищевом продукте.

На потребительской упаковке маргаринов, спредов растительно-сливочных и растительно-жировых, смесей топленых растительно-сливочных и растительно-жировых, жиров специального назначения, в том числе жиров кулинарных, кондитерских, хлебопекарных, заменителей молочного жира и другой продукции, содержащей трансжиры, дополнительно должна содержаться информация о максимальном содержании в жировой фазе продукта насыщенных жирных кислот и трансизомеров жирных кислот (в процентах от содержания жира в продукте).

**Письмо Росприроднадзора № РН-04-03-27/2839 от 14.02.2018 г. «О постановке объектов негативного воздействия на государственный учет»**

Указано, что объектом негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) является объект капитального строительства и (или) другой объект, а также их совокупность, объединенные единым назначением и (или) неразрывно связанные физически или технологически и расположенные в пределах одного или нескольких земельных участков. Постановка на государственный учет выполняется только объектов НВОС, соответствующих Критериям определения категории объекта НВОС, утвержденных Постановлением Правительства РФ № 1029 от 28.09.2015 г.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны поставить на учет гараж в качестве объекта негативного воздействия на окружающую среду в случае осуществления в нем деятельности, оказывающей такое воздействие. При этом в случае осуществления хозяйственной и (или) иной деятельности с использованием гаражей, оборудованных вытяжной вентиляцией, стационарным источником загрязнения окружающей среды является труба вытяжной вентиляции. В указанном случае юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю необходимо

поставить эксплуатируемые объекты НВОС на государственный учет, разработать нормативы ПДВ и получить разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

**Письмо Росаккредитации № 1681/05-СМ от 25.01.2018 г. «О применении стандартов»**

Росаккредитация доводит до сведения подведомственных организаций перечень стандартов, принятых взамен ранее действовавших. Указывается, что применение включенных в перечень новых стандартов может осуществляться испытательными лабораториями (центрами) без дополнительного оснащения испытательным оборудованием, средствами измерений, без повышения квалификации работников, без изменения процедуры испытаний и без расширения области аккредитации юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, выполняющих работы по оценке соответствия.

В перечень включен 81 стандарт. Для каждого из них указывается наименование и реквизиты ранее действовавшего ГОСТа и наименование и реквизиты ныне действующего документа.

**Письмо Роструда от 26.01.2018 г. «Об организации труда в холодное время года на открытой территории или в закрытых неотапливаемых помещениях»**

Роструд напоминает, что к работе на холоде допускаются работники, не имеющие каких-либо медицинских противопоказаний для работы на морозе. Они должны быть обеспечены комплектом средств индивидуальной защиты, соответствующим текущим климатическим условиям. Время пребывания работника на холоде определяется в соответствии с допустимой степенью охлаждения человека согласно МР 2.2.7.2129-06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях». Привлечение работников к выполнению трудо-

вых обязанностей в холодное время на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях должно сопровождаться специальными перерывами для обогрева, которые обязательно включаются в рабочее время и подлежат оплате. Продолжительность и количество перерывов зависят не только от температуры воздуха, но и от силы ветра.

**Методические рекомендации МР 1.1.0120-18 «Экспресс-метод токсикологической оценки парфюмерно-косметической продукции с помощью люминесцентного бактериального теста (с применением измерительного прибора-люминометра типа «Биотокс-10»)».** Утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главным государственным санитарным врачом 13.02.2018 г.

Содержат описание метода токсикологического тестирования парфюмерно-косметической продукции с применением в качестве тест-объекта (биосенсора) реактива люминесцентных бактерий «Эколюм» или иных препаратов бактериальной люциферазы и определяют порядок проведения испытания.

**Методические рекомендации МР 1.1.0121-18 «Оценка общетоксического действия парфюмерно-косметической продукции методом *in vitro* (на культуре подвижных клеток)».** Утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главным государственным санитарным врачом 13.02.2018 г.

Содержат описание метода тестирования парфюмерно-косметической продукции с применением кратковременной суспензионной культуры подвижных клеток (сперматозоидов быка) и определяют порядок проведения испытаний.