

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, Россия, Пермский край, г. Пермь, ул. Монастырская, 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 30.09.2017.
Формат 90×60/8.
Усл. печ. л. 17,5.
Заказ № 231/2017.
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

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)
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)
В.А. Хорошавин – д.м.н. (г. Пермь)
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)

3

Июль 2017 сентябрь

**Выпуск посвящается
95-летию санитарно-эпидемиологической службы России**

СОДЕРЖАНИЕ

- В.Г. Костарев, В.А. Хорошавин, А.В. Бражкин* **4** *V.G. Kostarev, V.A. Khoroshavin, A.V. Brazhkin*
САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ
СЛУЖБЕ ПРИКАМЬЯ 95 ЛЕТ
(САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ
СЛУЖБЕ РОССИИ ПОСВЯЩАЕТСЯ)
**PREVENTIVE MEDICINE.
URGENT ASPECTS OF RISK ANALYSIS**
- ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА.
АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА
РИСКА ЗДОРОВЬЮ**
- Д.А. Кирьянов, М.Ю. Цинкер, О.А. Историк,
Е.Г. Степанов, Н.Х. Давлетнуров, В.М. Ефремов* **12** *D.A. Kiryanov, M.Yu. Tsinker, O.A. Istorik,
E.G. Stepanov, N.Kh. Davletnurov, V.M. Efremov*
К ОЦЕНКЕ В РЕГИОНАХ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
РОСПОТРЕБНАДЗОРА ПО КРИТЕРИЯМ
ПРЕДОТВРАЩЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОТЕРЬ ОТ СМЕРТНОСТИ И ЗАБОЛЕВАЕМО-
СТИ НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННЫХ
С НЕГАТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРОВ
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ
**ALGORITHMS, METHODS AND RESULTS
OF EVALUATION OF EXPOSITION
OF RISK FACTORS**
- АЛГОРИТМЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ
ОЦЕНКИ ЭКСПОЗИЦИИ ФАКТОРОВ РИСКА**
- И.В. Май, С.Ю. Балашов,
С.А. Вековщина, М.А. Кудря* **21** *I.V. May, S.Yu. Balashov, S.A. Vekovshinina, M.A. Kudrya*
К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ПОЛЯ (300 ГГЦ – 300 МГЦ) В КРУПНОМ
ПРОМЫШЛЕННОМ ЦЕНТРЕ НА БАЗЕ
3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ
И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
**ON ASSESSING ELECTROMAGNETIC
FIELD (300 KMHZ – 300MHZ) IN A LARGE
INDUSTRIAL CITY ON THE BASIS OF
3D MODELING AND INSTRUMENTAL
MEASURING**
- С.А. Максимов, Д.П. Цыганкова, Г.В. Артамонова* **31** *S.A. Maksimov, D.P. Tsygankova, G.V. Artamonova*
ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА
И ДЕРЕВЬЕВ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТА
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПОПУЛЯЦИОННОГО
РИСКА ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА
**APPLICATION OF REGRESSION ANALYSIS
AND CLASSIFICATION TREES IN CALCULATING
ADDITIONAL POPULATION RISK OF ISCHEMIC
EART DISEASE**
- И.Н. Яковина, Н.А. Баннова, Е.В. Каштанова,
Я.В. Полонская, Ю.И. Рагино* **40** *I.N. Yakovina, N.A. Bannova, E.V. Kashtanova,
Ya.V. Polonskaia, Yu.I. Ragino*
НОВЫЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКА
РАЗВИТИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА
**NEW TECHNIQUES AND MODELS FOR
ASSESSING ISCHEMIC HEART DISEASE RISKS
RISK ASSESSMENT PRACTICE
IN HYGIENIC AND EPIDEMIOLOGICAL
STUDIES**
- ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА
В ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИ-
ЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**
- М. Ходжиев, Н.Ф. Измеров, И.В. Бухтияров* **48** *M. Khodzhiev, N.F. Izmerov, I.V. Bukhtiyarov*
РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ
АДАПТАЦИИ И РИСКИ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ
У ТРУДОВЫХ МИГРАНТОВ ИЗ ТАДЖИКИСТАНА
**RESULTS OF PHYSIOLOGICAL ADAPTATION
ASSESSMTN AND HEALTH RISKS FOR LABOR
MIGRANTS FROM TAJIKISTAN
MEDICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS
OF THE ASSESSMENT OF THE RISK FACTORS**
- МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА**
- Л.Б. Маснавиева, И.В. Кудяева, В.С. Рукавишников* **60** *L.B. Masnavieva, I.V. Kudaeva, V.S. Rukavishnikov*
ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ РЕАКЦИИ
МИГРАЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ ОТ УРОВНЯ
ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ
**ASSESSMENT OF CORRELATION BETWEEN
LEUCOCYTES MIGRATION REACTION
AND LEVEL OF INHALATION EXPOSURE
TO PRIORITY AIR CONTAMINANTS**

- В.В. Матюхин, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская, В.В. Елизарова*
ОБОСНОВАНИЕ ФИЗИОЛОГО-ЭРГОНОМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА РАЗВИТИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ С ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫМИ ТЕРМИНАЛАМИ
- ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА**
- А.Н. Чигисова, М.Ю. Огарков, С.А. Максимов*
СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У РАБОТНИКОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
- А.Б. Бакиров, С.Р. Мингазова, Л.К. Каримова, П.В. Серебряков, Г.Ф. Мухаммадиева*
КЛИНИКО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РИСКА РАЗВИТИЯ И ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ПЫЛЕВОЙ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ РИСКА
- М.А. Фесенко, О.В. Сивочалова, Е.В. Федорова*
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ЗАБОЛЕВАНИЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ У РАБОТНИЦ, ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА
- А.Г. Мигачева, Т.А. Новикова, В.Ф. Спирин, Д.М. Шляпников*
АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ ОВОЩЕВОДОВ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА
- М. Ходжиев, Н.Ф. Измеров, И.В. Бухтияров*
ИЗУЧЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТРЕССА У ТРУДОВЫХ МИГРАНТОВ
- ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ**
- Е.К. Власенко*
ОСОБЕННОСТИ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ОБОСНОВАНИЕ РЕГЛАМЕНТОВ ЕГО БЕЗОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ
- Н.В. Дудчик, В.А. Филонюк, В.В. Шевляков, С.И. Сычик, О.Е. Нежвинская*
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ МИКРООРГАНИЗМОВ-ПРОДУЦЕНТОВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ КАК ФАКТОРА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
- 66** *V.V. Matyukhin, E.F. Shardakova, E.G. Yampolskaya, V.V. Elizarova*
GIVING GROUNDS FOR PHYSIOLOGICAL-ERGONOMIC ACTIVITIES AIMED AT REDUCING EYE FATIGUE CAUSED BY WORK WITH VISUAL DISPLAY TERMINALS
- HEALTH RISK MANAGEMENT IN OCCUPATIONAL MEDICINE**
- 76** *A.N. Chigisova, M.Yu. Ogarkov, S.A. Maksimov*
RISK OF ARTERIAL HYPERTENSION IN WORKERS EMPLOYED AT COAL-MINING ENTERPRISES: SOCIAL AND HYGIENIC ASSESSMENT
- 83** *A.B. Bakirov, S.R. Mingazova, L.K. Karimova, P.V. Serebryakov, G.F. Mukhammadiyeva*
RISK OF DUST BRONCHOPULMONARY PATHOLOGY DEVELOPMENT IN WORKERS EMPLOYED IN VARIOUS ECONOMIC BRANCHES UNDER IMPACTS EXERTED BY OCCUPATIONAL RISK FACTORS: CLINICAL AND HYGIENIC ASPECTS
- 92** *M.A. Fesenko, O.V. Sivochalova, E.V. Fedorova*
OCCUPATIONAL REPRODUCTIVE SYSTEM DISEASES IN FEMALE WORKERS EMPLOYED AT WORKPLACES WITH HARMFUL WORKING CONDITIONS
- 101** *A.G. Migacheva, T.A. Novikova, V.F. Spirin, D.M. Shlyapnikov*
A PRIORI ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH RISK FOR VEGETABLES GREENHOUSE WORKERS
- 109** *M. Khodzhiyev, N.F. Izmerov, I.V. Bukhtiyarov*
EXAMINATION OF SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL FACTORS CASUING OCCUPATIONAL STRESS IN LABOR MIGRANTS
- EXPERIMENTAL MODELS AND INSTRUMENTAL SURVEYS FOR RISK ASSESSMENT IN HYGIENE AND EPIDEMIOLOGY**
- 118** *E.K. Vlasenko*
PECULIARITIES OF TOXIC EFFECTS EXERTED BY HEXYL ETHER OF 5-AMINOLEVULINIC ACID AND GROUNDS FOR WORKING OUR REGULATIONS OF ITS SAFE PRODUCTION AND APPLICATION
- 127** *N.V. Dudchik, V.A. Filonyuk, V.V. Shevlyakov, S.I. Sychik, O.E. Nezhvinskaya*
EXPERIMENTAL MODELING OF AEROSOLS PRODUCED BY MICROORGANISMS IN WORKING AREA AIR AS RISK FACTOR EXERTING HAZARDOUS IMPACTS ON HEALTH OF WORKERS EMPLOYED AT BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЕ ПРИКАМЬЯ 95 ЛЕТ (САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЕ РОССИИ ПОСВЯЩАЕТСЯ)

В.Г. Костарев¹, В.А. Хорошавин², А.В. Бражкин²

¹Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю, Россия, 614016, г. Пермь, ул. Куйбышева, 50

²Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае, Россия, 614016, г. Пермь, ул. Куйбышева 50 А.

Описаны первые этапы становления санитарного дела в Пермском крае. Показано, что И.И. Молессон – первый в России официальный санитарный врач – работал именно в Перми. Здесь было выполнено одно из первых санитарных обследований губернии, начат выпуск «Пермского эпидемиологического листка». В 1890 г. именно в Перми было создано первое санитарное бюро, а в 1898 г. организована первая бактериологическая лаборатория. Показано, что органы и учреждения Роспотребнадзора Пермского края ведут свою историю с 15 сентября 1922 г., когда был подписан декрет Совета народных комиссаров РСФСР «О санитарных органах республики». В 1931 г. в Перми образован санитарно-гигиенический факультет в составе Пермского медицинского института, что послужило основой обеспечения учреждений госсанэпидслужбы квалифицированными врачами санитарного профиля.

Описаны основные задачи, которые решались санитарными врачами в годы Великой Отечественной войны и в послевоенные годы. Показано, что деятельность Роспотребнадзора имеет следствием существенное улучшение санитарно-эпидемиологической ситуации в регионе. На текущий момент более 95 % населения обеспечено питьевой водой, отвечающей требованиям санитарного законодательства. Отмечается постоянное улучшение состояния объектов общественного питания и сохраняется стабильно низкий уровень нестандартных проб пищевых продуктов. Сократилась доля рабочих мест, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам по показателям шума, вибрации, освещенности. Охват медицинскими осмотрами лиц, работающих во вредных (опасных) условиях труда, увеличился до 97,9 %. В 2016 г. в крае зарегистрирован самый низкий показатель профессиональной заболеваемости за последние годы. Служба одной из первых в стране перешла на бюджетирование, ориентированное на результат и риск-ориентированную модель надзора. Продолжается совершенствование организационной структуры, разрабатываются и внедряются новые правовые, экономические и организационные подходы в деятельности органов и организаций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Ключевые слова: санитарно-эпидемиологическая служба, Пермский край, история, достижения.

Отношение к медицине как средству обеспечения «внутренней безопасности государства» начало формироваться в первой половине XIX в. [9]. Важнейшей причиной изменения взглядов на роль медицины в жизни государства стало признание новых представлений о причинах возникновения эпидемий. Эпидемии во все времена считались едва ли ни самой страшной угрозой для любого государства. Они уносили десятки и сотни тысяч жизней, порождали социальную нестабильность, наносили колоссальный, порой непоправимый экономический ущерб [4]. Эпидемии рассматривались как неотвратимые бедствия, однако государственное вмешательство в борьбу с ними было минимальным. Оно ограничивалось противодействием распростра-

нению уже возникших эпидемий главным образом с помощью карантинных мер – столь же жестоких, сколь и малоэффективных [2].

Осознание факта познаваемости причин эпидемий, возможности управлять (хотя бы частично) этими причинами имело следствием разработку и внедрение в систему государственного управления комплекса действий, которые поначалу носили название «медико-полицейских». К ним относились:

– введение прямого государственного администрирования деятельности врачей в области изучения эпидемических конституций, борьбы с эпидемиями и реализации иных общегосударственных «врачебных мер по охране и восстановлению здоровья подданных»;

© Костарев В.Г., Хорошавин В.А., Бражкин А.В., 2017

Костарев Виталий Геннадьевич – кандидат медицинских наук, главный государственный санитарный врач по Пермскому краю, руководитель (e-mail: urpn@59.rosпотребнадзор.ru; тел.: 8 (342) 239-35-63).

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

Бражкин Анатолий Васильевич – доктор медицинских наук, врач (e-mail: brajkin.an@yandex.ru; тел.: 8 (342) 294-22-71).

- разработка совместными усилиями врачей и правоведов специального врачебно-санитарного законодательства;

- борьба с шарлатанами и обеспечение населения квалифицированными врачами посредством кардинального реформирования системы медицинского образования;

- формирование государственной системы помощи нуждающимся и социально незащищенным группам населения (детям-сиротам, престарелым и инвалидам, малообеспеченным семьям, нищим и др.);

- осуществление конкретных мероприятий, направленных на формирование здоровых условий жизни, питания и трудовой деятельности.

Каждое из названных направлений деятельности представляло собой новое слово в истории не только медицины, но и государственного управления.



Рис. 1. Земские врачи в Казани на осмотре пациентов



Рис. 2. И.И. Молессон (1842–1920 гг.)

Идея создания постоянно действующих организаций – прообразов санитарной службы – стала реализовываться во второй половине XIX в. [9]. Связано это с учреждением в 1864 г. земств в 34 губерниях. Предлагалось поставить в центр земской медицины врача, который мог бы осуществлять профилактические меры в интересах широких масс населения (рис. 1).

Профилактический подход полностью соответствовал идеям великого Н.И. Пирогова: «Я верю в гигиену. Вот где заключается истинный прогресс нашей науки. Будущее принадлежит медицине предохранительной» [7].

Пермскому краю можно гордиться тем, что первым в России санитарным врачом стал Иван Иванович Молессон (1842–1920 гг.), начавший свою деятельность в Пермской губернии (рис. 2). Прибыв в 1871 г. в Пермь для лечебной работы в губернской земской больнице, он первый предложил провести санитарное обследование губернии [1]. В 1874 г. эпизоотия чумы рогатого скота уничтожила практически весь скот жителей Перми. Для борьбы с эпидемией опасной инфекции был выбран сначала санитарный комитет, а затем учреждена постоянная санитарная комиссия «для разработки вопросов, касающихся гигиены города».

В 1886 г. Молессон инициирует выпуск «Пермского эпидемиологического листка». В 1890 г. именно в Перми было создано первое санитарное бюро, а в 1898 г. организована первая бактериологическая лаборатория¹ [1, 5].

С образованием Народного комиссариата здравоохранения РСФСР в июле 1918 г. в его составе была создана санитарно-эпидемиологическая секция, а в 1920 г. при Пермском губернском отделе здравоохранения организовано санитарное отделение, основной задачей которого стало осуществление санитарно-эпидемиологических мероприятий на территории губернии.

Органы и учреждения Роспотребнадзора Пермского края ведут свою историю с 15 сентября 1922 г., когда был подписан декрет Совета народных комиссаров РСФСР «О санитарных органах республики». В 1926 г. в г. Перми открылась санитарно-гигиеническая лаборатория под руководством профессора государственного университета К.Н. Шапшнева (в 1934 г. лаборатории было присвоено его имя) [8].

Первый закон «О санитарных органах республики» был принят Совнаркомом РСФСР

¹ В 1912 г. реорганизована в научно-исследовательский институт (НПО «Биомед»).

19 февраля 1927 г. и положение о них – 8 октября 1927 г., согласно которым значительно расширились функции и права санитарных органов, устанавливались дифференцированные нормативы обеспечения районов и городов санитарными кадрами в зависимости от их промышленного значения, бактериологическими лабораториями и дезинфекционными станциями. Важнейшим обязательным элементом работы санитарных органов Российской Федерации стал предупредительный санитарный надзор на всех этапах промышленного и жилищно-гражданского строительства. В августе 1929 г. Совнарком РСФСР заслушал вопрос «О санитарном состоянии республики».

В 1931 г. в Перми образован санитарно-гигиенический факультет в составе Пермского медицинского института, что послужило основой обеспечения учреждений госсанэпидслужбы квалифицированными врачами санитарного профиля (рис. 3).

В годы Великой Отечественной войны у санитарной службы были особые цели и задачи [10]. Рост заболеваемости сыпным тифом в ноябре–декабре 1941 г. в Перми (тогда – Молотове) поставил перед органами и учреждениями здравоохранения вопрос о серьезной борьбе с педикулезом. Были выделены студенты V курса мединститута, которые проделали большую работу по предотвращению эпидемии сыпного тифа в городе и области

Двадцать третьего апреля 1942 г. на основании решения Молотовского областного совета депутатов трудящихся была создана областная санэпидстанция (СЭС). Впоследствии – в 50-е гг. прошлого века – в области создана 41 санэпидстанция и 32 санитарно-бактериологические лаборатории.

Период работы госсанэпидслужбы Пермской области 70–80-х гг. прошлого века характеризуется комплексной работой с предприятиями, учреждениями и организациями по вопросам охраны здоровья, улучшения условий труда, снижения заболеваемости рабочих. Для реализации поставленных задач разрабатывались и были реализованы комплексные планы санитарно-эпидемиологических мероприятий, утверждаемые сессиями городских и районных Советов народных депутатов

Новым этапом в развитии санитарно-эпидемиологической службы явилось принятие Закона РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 1991 г. Постановлением Пермского облисполкома № 215 от 12.09.1991 г. и приказом Облздравотдела и областной СЭС № 398/134 от 18.09.1991 г. районные и городские санэпидстанции были выведены из подчинения органов здравоохранения и переданы Областной санитарно-эпидемиологической станции. На территории области госсанэпиднадзор осуществляли 47 учреждений госсанэпидслужбы.



Рис. 3. Сотрудники Молотовской городской санитарной инспекции, август 1936 г.

В этот же период было значительно модернизировано приборное обеспечение лабораторной базы, что позволило существенно расширить возможности, повысить достоверность лабораторных исследований, сократить сроки их проведения.

За эти годы Пермская область дала целую плеяду крупных организаторов госсанэпидслужбы и ученых: Б.И. Райхер, А.В. Пшеничных, В.В. Дианова, В.Ф. Петров, Г.В. Шаклеин, Т.М. Лебедева, М.Л. Красовицкая, Н.В. Зайцева, Н.М. Коза, И.В. Фельдблюм, А.Я. Перевалов. Среди них – главные государственные санитарные врачи Пермской области и заслуженные деятели науки, лауреаты Государственной премии, заслуженные врачи СССР и России, академики, доктора и кандидаты наук.

С 1975 по 1986 г. Областную санитарно-эпидемиологическую станцию возглавлял выдающийся организатор и руководитель санитарной службы Е.Н. Беляев. В последующие годы Евгений Николаевич занимал должности начальника Главного санитарно-эпидемиологического управления Минздрава РСФСР и председателя Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора РСФСР.

В начале 90-х гг. госсанэпидслужба Пермской области одной из первых внедрила новый хозяйственный механизм.

Именно в начальный период реформ оптимизированы основные направления деятельности госсанэпидслужбы Пермского края, связанные с условиями водоснабжения и канализования территорий населенных мест, контроля за условиями труда, условиями хранения и реализации пищевых продуктов, организацией воспитания, образования, обучения населения.

Впоследствии госсанэпидслужба принимала активное участие в лицензировании, сертификации отдельных видов работ, услуг, а также продукции, представляющей потенциальную опасность для здоровья человека. Служба осуществляла радиационный контроль на территории области, а для оценки и выявления изменений и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания, установления и устранения вредного воздействия на население факторов среды обитания активно развивала новое направление – социально-гигиенический мониторинг.

В этот же период продолжилось дальнейшее реформирование организационной структуры службы: создавались отделы по изучению состояния здоровья населения в связи с влиянием факторов среды обитания, гигиенической

сертификации и аккредитации лабораторий, метрологии и т.д. При участии Пермского научно-исследовательского клинического института детской экопатологии под руководством академика Н.В. Зайцевой началась работа по оценке риска здоровью населения от факторов окружающей среды.

В течение последующих лет активно продолжались поиски новых организационных форм деятельности, широко внедрялась централизация управления и финансирования. В 2002–2003 гг. успешно реализована программа реформирования организационной структуры госсанэпидслужбы Пермской области. Вместо 47 центров госсанэпиднадзора на территории области создано 18 межрайонных центров с максимальной концентрацией кадрового и материально-технического потенциала, укрупнением лабораторий.

Проведение реформирования решило задачи разделения надзорных и не имеющих государственного характера функций, повысило качество госсанэпиднадзора, улучшило эффективность использования средств федерального бюджета.

Новой вехой в организационном и правовом построении государственной санитарной службы стал период создания Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, образованной в соответствии с Указом Президента Российской Федерации № 314 от 9 марта 2004 г. «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти». В Пермской области создано Территориальное управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермской области, четыре территориальных отдела и ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермской области и Коми-Пермяцком автономном округе» и его девять филиалов. Основные их задачи: осуществление государственного надзора и контроля за исполнением требований законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей; предупреждение вредного воздействия на человека факторов среды обитания; профилактика инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний (отравлений) населения. ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермской области и Коми-Пермяцком автономном округе» обеспечивал деятельность надзорного территориального органа Федеральной службы по надзору в сфе-

ре защиты прав потребителей и благополучия человека.

В результате образования 1 декабря 2005 г. нового субъекта Федерации – Пермского края – органы и организации Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в Пермском крае представлены: Управлением Роспотребнадзора в Пермском крае, его шестью территориальными отделами, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» и его шестью филиалами, ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (созданный решением Правительства № 628 от 8 мая 2009 г. на базе Пермского научно-исследовательского клинического института детской экопатологии). Указанный центр по праву является флагманским учреждением Роспотребнадзора России, внес огромный вклад в методологию оптимизации госсанэпидслужбы, разработал и внедрил риск-ориентированный подход к надзорной деятельности, ряд организационно-распорядительных, нормативных и методических документов в деятельность Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Сегодня в Пермском крае в органах и организациях Роспотребнадзора трудятся более 1000 высококвалифицированных специалистов, отличники здравоохранения, лица, награжденные почетными грамотами Министерства здравоохранения, доктора и кандидаты медицинских наук.

Деятельность санитарной службы дает ощутимые результаты. На сегодня в крае доля населения, обеспеченного питьевой водой, отвечающей требованиям санитарного законодательства, составляет 95,5 %. Наблюдается тенденция к сокращению численности населения,

проживающего в пределах санитарно-защитных зон предприятий. Отмечается постоянное улучшение состояния объектов общественного питания и сохраняется стабильно низкий уровень нестандартных проб пищевых продуктов (около 1 % в последние годы). На протяжении последних лет не зарегистрировано положительных проб на генетически модифицированные продукты [6].

В регионе в течение последних трех лет не регистрировались массовые неинфекционные отравления среди населения, связанные с употреблением некачественных и опасных пищевых продуктов. С 2013 г. отмечена стабилизация показателей заболеваемости населения, связанной с микронутриентной недостаточностью. Более чем на 25 % за последние пять лет снизилось число отравлений спиртосодержащей продукцией.

Комплекс организационных и надзорных мероприятий в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия детского населения Пермского края способствовал сокращению с 19 до 15 % доли детских дошкольных организаций с переуплотнением групп, до 7 % в сравнении с прошлым годом снизилась доля нестандартных измерений искусственной освещенности, мебели – до 13 %. Охват горячим питанием школьников достиг в 2016 г. 90 %.

Расширяется система постоянных контактов службы с представителями гражданского общества и иных ведомств, особенно по животрепещущим темам, к примеру, таким как распространение и употребление наркотических средств (рис. 4). Роспотребнадзор Пермского края призван осуществлять политику государства в области защиты прав потребителей и заставлять нечестных предпринимателей и юридических лиц отвечать за качество услуг



Рис. 4. Правовые консультации по делам, связанным с обращением наркотиков в Пермском крае. На переднем плане – руководитель Роспотребнадзора по Пермскому краю В.Г. Костарев

и продукции. Работа надзорной государственной организации в равной мере нацелена на соблюдение гигиенических нормативов для детей и взрослых, санитарный и эпидемиологический контроль.

Для выявления нарушений в иных областях выполняются проверки совместно с другими надзорными органами (Росстандарт, пожарный надзор, ФНС и пр.).

В результате целенаправленного межведомственного взаимодействия органов исполнительной власти, контрольно-надзорных органов и работодателей за период 2014–2016 гг. удалось добиться позитивных результатов по ряду направлений обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия на промышленных объектах, в коммунальной сфере, сфере образования и здравоохранения.

Сократилась доля рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по показателям шума, вибрации, освещенности. Охват медицинскими осмотрами лиц, работающих во вредных (опасных) условиях труда, увеличился до 97,9 %. В 2016 г. в крае зарегистрирован самый низкий показатель профессиональной заболеваемости за последние годы.

В условиях масштабного реформирования государственных контрольно-надзорных орга-

нов, административной и бюджетной реформ санитарно-эпидемиологическая служба в Пермском крае не только смогла сохранить свой авторитет, но и значительно упрочила свои возможности. Пермские специалисты приняли самое активное участие в разработке методологических основ организации и осуществлении деятельности службы в условиях бюджетирования по конечному результату, программно-целевому планированию, переходу на субсидиарное финансирование и риск-ориентированный контроль (надзор).

История становления и развития государственной санитарной службы в Пермском крае не заканчивается настоящим временем, сегодня закладываются прочные основы для завтрашнего дня. Для этого продолжается совершенствование организационной структуры, разрабатываются и внедряются новые правовые, экономические и организационные подходы в деятельности органов и организаций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Каждый специалист, кто работает сегодня в службе, представляет степень ответственности, которая на него возложена, ведь он на страже здоровья и благополучия человека!

Список литературы

1. Вулло И.И. Страницка из жизни первого санитарного врача России И.И. Моллесона: к 125-летию со дня рождения // Гигиена и санитария. – 1966. – № 9. – С. 50–53.
2. Гелинг К. Опыт гражданской медицинской полиции, примененный к законам Российской империи. – Вильна, 1842. – Т. 1. – 631 с.
3. Игумнов С. Иван Иванович Моллесон // Русский врач. – 1911. – Т. X, № 30. – С. 1220.
4. Мейер-Штейнер Т., Зудгоф К. История медицины / пер. со 2-го изд. под ред. В.А. Любарского, Б.Е. Гершуни. – М.: Госиздат, 1925. – 463 с.
5. Назаров В.В. Первый санитарный врач России (о саратовском периоде деятельности Ивана Ивановича Моллесона) // Саратовский краеведческий сборник: научные труды и публикации. – Саратов, 2002. – Вып. 1. – С. 167–171.
6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2016 году: Государственный доклад. – Пермь: Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае», 2017. – 266 с.
7. Пирогов Н.И. Севастопольские письма и воспоминания. – М.: Изд. Академии наук СССР, 1950. – 652 с.
8. Развитие здравоохранения в Пермской области: материал в помощь лектору / сост. В.Т. Селезнёва. – Пермь, 1987. – С. 30–46.
9. Сточик А.М., Затравкин С.Н., Сточик А.А. Становление государственной медицины (вторая половина XVIII – первая половина XIX века). Сообщение 1. Возникновение концепции медицинской полиции, органов управления медико-санитарным делом, врачебно-санитарного законодательства // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2013. – № 1. – С. 44–49.
10. Хорошавин В.А., Акимова Л.Н., Шутова О.В. Санитарно-эпидемиологическая служба в Пермской области в годы Великой Отечественной войны // Анализ риска здоровью. – 2015. – № 2. – С. 89–94.

Костарев В.Г., Хорошавин В.А., Бражкин А.В. Санитарно-эпидемиологической службе Прикамья 95 лет (санитарно-эпидемиологической службе России посвящается) // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 4–11. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.01

UDC 614.3

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.01.eng

SANITARY-EPIDEMIOLOGIC SERVICE IN PERM REGION: 95th ANNIVERSARY (DEDICATED TO RUSSIAN SANITARY-EPIDEMIOLOGIC SERVICE)

V.G. Kostarev¹, V.A. Khoroshavin², A.V. Brazhkin²

¹ Federal Service for Surveillance over Consumer Rights protection and Human Well-being, Perm regional office, 50 Kuybyisheva Str., Perm, 614016, Russian Federation

² Center for Hygiene and Epidemiology in Perm region, 50A Kuybyisheva Str., Perm, 614016, Russian Federation

The paper outlines the first stages of sanitary activities development in Perm region. We highlight the fact that it was Perm where I.I. Molesson, the first official sanitary inspector in Russia, worked. Here one of the first sanitary inspection of a whole region was performed and "Perm sanitary bulletin" was first published. It was in Perm, where the first sanitary office was established in 1890, and in 1898 the first bacteriological laboratory was organized. Bodies and institutions of Rospotrebnadzor in Perm region are known to be founded on September 15, 1922, when a Decree by Russian People's Commissars Council "On the Republic's sanitary bodies" was issued. A sanitary-hygienic faculty of Perm Medical Institute was set up in 1931 and it gave grounds for preparing qualified sanitary inspectors for state sanitary authorities.

We described basic tasks which were tackled by sanitary inspectors during the Great Patriotic War and just after it. Rospotrebnadzor activities are proved to make for substantial improvements of sanitary-epidemiologic situation in the region. Currently more than 95 % of population are provided with drinking water which fully corresponds to the sanitary legislation requirements. We note constant improvements in catering objects quality and we also see that a quantity of food samples taken at such objects which don't correspond to hygienic standards remains stably low. A share of working places deviating from hygienic standards as per noise, vibration, and illumination, has reduced. Medical examinations are now available to 97.9 % of workers functioning under hazardous (dangerous) working conditions. The lowest occupational morbidity level over the last few years was registered in Perm region in 2016. The Service was among the first in the country to transfer to result-oriented budgeting and risk-oriented surveillance model. Organizational structure is constantly being developed; new legal, economic and organizational approaches are being created and implemented in the activities performed by bodies and institutions of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights protection and Human well-being.

Key words: Sanitary-epidemiologic Service, Perm region, history, achievements.

References

1. Vullo I.I. Stranichka iz zhizni pervogo sanitarnogo vracha Rossii I.I. Mollesona: (K 125-letiyu so dnya rozhdeniya) [Some moments from the life of I.I. Molleson, the first Russian sanitary inspector: (dedicated to his 125th anniversary)]. *Gigiena i sanitariya*, 1966, no. 9, pp. 50–53 (in Russian).
2. Geling K. Opyt grazhdanskoi meditsinskoi politzii, primenennyi k zakonam Rossiiskoi imperii [Experience of civil medical police applied in the Russian Empire legislation]. Vil'na, 1842, vol. 1, 631 p. (in Russian).
3. Igumnov S. Ivan Ivanovich Molleson. *Russkii vrach*, 1911, vol. X, no. 30, pp. 1220 (in Russian).
4. Meier-Shteineg T., Zudgof K. Istoriya meditsiny [History of medicine]. In: V.A. Lyubarskii, B.E. Gershuni, eds. Moscow, Gosizdat, Publ., 1925, 463 p. (in Russian).
5. Nazarov V.V. Pervyi sanitarnyi vrach Rossii (o saratovskom periode deyatelnosti Ivana Ivanovicha Mollesona) [First Russian sanitary inspector (on Ivan Ivanovich Molleson activities in Saratov)]. *Saratovskii kraevedcheskii sbornik: Nauchnye trudy i publikatsii*. Saratov, 2002, issue 1, pp. 167–171 (in Russian).
6. O sostoyaniisanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Permskom krae v 2016 godu: Gosudarstvennyi doklad [On sanitary-epidemiologic welfare of the population in Perm region in 2016: State report. Perm': Upravlenie Rospotrebnadzora po Permskomu krayu, FBUZ «Tsentr gigieny i epidemiologii v Permskom krae», 2017, 266 p. (in Russian).
7. Pirogov N.I. Sevastopol'skie pis'ma I vospominaniya [Letters and memories from Sevastopol]. Moscow, Izd. Akademii nauk SSSR, Publ., 1950, 652 p. (in Russian).

© Kostarev V.G., Khoroshavin V.A., Brazhkin A.V., 2017

Vitalii G. Kostarev – Candidate of Medical Sciences, Chief State Sanitary inspector in Perm region, Head of rospotrebnadzor office in Perm region (e-mail: urpn@59.rospotrebnadzor.ru; tel.: +7 (342) 239–35–63).

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

Anatolii V. Brazhkin – Doctor of Medical Sciences, Physician (e-mail: brajkin.an@yandex.ru; tel.: +7 (342) 294-22-71).

8. Razvitie zdavookhraneniya v Permskoi oblasti: material v pomoshch' lektoru [Development of public healthcare in Perm region: materials to help a lecturer] compiled by V.T. Selezneva. Perm', 1987, pp. 30–46 (in Russian).

9. Stochik A.M., Zatravkin S.N., Stochik A.A. Stanovlenie gosudarstvennoi meditsiny (vtoraya polovina XVIII – pervaya polovina XIX veka). Soobshchenie 1. Vozniknovenie kontseptsii meditsinskoj politsii, organov upravleniya mediko-sanitarnym delom, vrechebno-sanitarnogo zakonodatel'stva [The becoming of public medicine (second half of XVIII-first half of XIX centuries). Report 1: The origin of concept of medical police, governing bodies of medical sanitary business, physician sanitary legislation]. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny*, 2013, no. 1, pp. 44–49 (in Russian).

10. Khoroshavin V.A., Akimova L.N., Shutova O.V. Sanitarno-epidemiologicheskaya sluzhba v Permskoi oblasti v gody Velikoi Otechestvennoi voiny [Sanitary services in the perm region during the Great Patriotic war]. *Health Risk Analysis*, 2015, no. 2, pp. 89–94. DOI: 10.21668/health.risk/2015.2.11.eng. (in Russian).

Kostarev V.G., Khoroshavin V.A., Brazhkin A.V. Sanitary-epidemiologic service in Perm region: 95th anniversary (dedicated to Russian sanitary-epidemiologic service). Health risk analysis, 2017, no. 3, pp. 4–11. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.01.eng

Получена: 11.06.2017

Принята: 16.09.2017

Опубликована: 30.09.2017

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

УДК 614.3/4

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.02

К ОЦЕНКЕ В РЕГИОНАХ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОСПОТРЕБНАДЗОРА ПО КРИТЕРИЯМ ПРЕДОТВРАЩЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ОТ СМЕРТНОСТИ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННЫХ С НЕГАТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Д.А. Кирьянов¹, М.Ю. Цинкер¹, О.А. Историк², Е.Г. Степанов³,
Н.Х. Давлетнуров³, В.М. Ефремов⁴

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

²Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области, Россия, 192029, г. Санкт-Петербург, ул. Ольминского, 27

³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, Россия, 450054, г. Уфа, ул. Р. Зорге, 58

⁴Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Челябинской области, Россия, 454092, г. Челябинск, ул. Елькина, 73

Представлены результаты расчета фактических и предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности экономических потерь от смертности и заболеваемости населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания, и оценка эффективности деятельности органов и организаций Роспотребнадзора в Ленинградской области, Республике Башкортостан и Челябинской области. По каждому региону учитывалось: не менее 25 параметров среды обитания (атмосферного воздуха городских и сельских поселений, питьевой воды, почв населенных пунктов); показатели смертности и заболеваемости детского и взрослого населения по причинам 16 классов болезней (по МКБ-10); не менее 20 характеристик контрольно-надзорной деятельности. Все регионы имеют выраженные и измеряемые факторы риска для здоровья населения, связанные с качеством среды обитания, не соответствующим гигиеническим требованиям и нормативам. Риски реализуются в виде дополнительных случаев смертей и заболеваний детского и взрослого населения. В 2015 г. дополнительные смерти и случаи заболеваний, ассоциированные с факторами среды обитания, сформировали в каждом регионе экономические потери регионального валового продукта на уровне 1,0–2,5 млрд рублей. В результате контрольно-надзорных действий Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека не допущено ухудшения качества атмосферного воздуха, питьевых вод, почв поселений. Как следствие, в каждом субъекте Федерации предотвращено порядка 700 дополнительных случаев смерти и от 70 до 160 тысяч случаев заболеваний детей и взрослых. Предотвращенные экономические ущербы в исследованных регионах составили в 2015 г. от 1,0 млрд руб. в Челябинской области до 2,3 млрд руб. в Республике Башкортостан. Экономическая эффективность контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения составила в исследуемом году от 18 до 27 руб. на 1 руб. затрат.

Ключевые слова: Роспотребнадзор, контрольно-надзорная деятельность, здоровье населения, среда обитания, эффективность, показатели смертности, потери регионального валового продукта.

© Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Историк О.А., Степанов Е.Г., Давлетнуров Н.Х., Ефремов В.М., 2017

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

Цинкер Михаил Юрьевич – младший научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: cinker@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Историк Ольга Александровна – главный государственный санитарный врач по Ленинградской области, руководитель (e-mail: lenobl@47.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (812) 365-18-00).

Степанов Евгений Георгиевич – кандидат медицинских наук, главный государственный санитарный врач по Республике Башкортостан, руководитель (e-mail: Stepanov_EG@02.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (347) 229-90-99).

Давлетнуров Наил Хамзинович – начальник отдела социально-гигиенического мониторинга (e-mail: Davletnurov_NKh@02.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (347) 229-90-50).

Ефремов Владимир Михайлович – кандидат медицинских наук, доцент, заместитель руководителя (e-mail: efremov@chel.surnet.ru; тел.: 8 (351) 266-71-53).

В условиях административной реформы органов государственной власти вопросам оценки эффективности и результативности контроля и надзора придается особое значение. Об этом свидетельствуют положения проекта «Концепции повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления» [6], проекта Указа Президента Российской Федерации «О совершенствовании результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности федеральных органов исполнительной власти» (подготовлен Минэкономразвития России 04.10.2016 г.) [11], прочих стратегических документов государства [13].

Переход на риск-ориентированный надзор предполагает не только снижение административной нагрузки на бизнес, но прежде всего предотвращение потерь охраняемых государством общественных ценностей [3, 6]. Вектор совершенствования оценок деятельности надзорных органов в России в полной мере соответствует международным практикам и свидетельствует об эволюции как понимания результативности государственного контроля (надзора), его роли в достижении общественно значимых результатов, так и готовности органов государственной власти принимать на себя ответственность за уровень рисков в подконтрольных (поднадзорных) сферах и их минимизацию [4, 10, 12].

Для Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека результативность и эффективность контрольно-надзорной деятельности предполагает, прежде всего, снижение рисков загрязнения среды обитания человека и улучшение показателей состояния здоровья населения [7, 14]. Важным шагом в решении задачи оценки эффективности явилась разработка и внедрение в практику Роспотребнадзора методических подходов, позволяющих оценить предотвращаемые в результате действий службы медико-демографические потери. Методические рекомендации «Расчет фактических и предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания» [9] были разработаны с учетом «Методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидности населения» (утв. Приказом Минэкономразвития, Минздравсоцразвития, Минфина и Росстата № 192/323н/45н/113 от 10 апреля 2012 г.) [8]

и утверждены главным государственным санитарным врачом 23 октября 2014 г. Документ дает возможность органам санитарно-эпидемиологического надзора оценить показатели конечного результата, продемонстрировать органам власти, бизнесу и гражданскому обществу реальную значимость своего функционирования.

Методические рекомендации тем более актуальны, что оценка экономической эффективности базируется на расчете предотвращенных потерь валового национального продукта, рост которого является одной из стратегических целей государства. Как следствие, результаты оценок по фактическим и предотвращаемым потерям могут представлять интерес для лиц, принимающих решения на уровне органов исполнительной власти субъектов Федерации, органов местного самоуправления, территориальных органов, иных федеральных органов исполнительной власти [16].

Расчет экономических потерь в регионах от смертности и заболеваемости населения, предотвращенных контрольно-надзорной деятельностью по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия, предполагает последовательное рассмотрение и параметризацию нескольких звеньев единой цепи: оценку связи качества среды обитания с показателями состояния здоровья населения; оценку связи параметров качества объектов среды обитания человека с результатами контрольно-надзорных действий Роспотребнадзора; расчет на основании установленных зависимостей числа случаев нарушений здоровья, предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности органов и организаций Роспотребнадзора и экономическую оценку этих случаев.

Цель исследования состояла в оценке в регионах, близких по уровню социально-экономического развития и санитарно-гигиенических проблем, эффективности контрольно-надзорной деятельности органов и организаций Роспотребнадзора по критериям предотвращенных ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания экономических потерь от смертности и заболеваемости населения.

В качестве объектов исследования рассматривали Республику Башкортостан, Ленинградскую и Челябинскую области – субъекты Федерации с развитой промышленностью, выраженными проблемами в сфере загрязнения среды обитания и значительной численностью населения (в сумме в регионах постоянно проживает почти 10 млн человек).

Материалы и методы. Расчет экономического ущерба, связанного со смертностью и заболеваемостью населения, определяли как объем недопроизведенной продукции (ВВП или ВРП) за счет выбытия части экономически активного населения из производственного процесса [2, 9]. Потери, связанные со смертностью, определяли из расчета 0,5 года экономической активности на каждый случай, а потери, связанные с заболеваемостью, рассчитываются исходя из средней длительности одного случая временной нетрудоспособности, равного 14 дням.

Исходными данными для расчетов явились параметры среды обитания в регионах, зарегистрированные в формах статистического отраслевого учета ф18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» и Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (раздел «Среда»), данные демографической и медицинской статистики (формы: 1-С; 1-здрав, 32-здрав. и др.), форма 1 «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора территориальными органами Роспотребнадзора» и иные данные, полученные из официальной статистики (численность населения в регионах, величины валовых региональных продуктов и т.п.).

По каждому региону учитывалось не менее 25 параметров среды обитания (атмосферного воздуха городских и сельских поселений, питьевой воды, почв населенных пунктов); показатели смертности и заболеваемости детского и взрослого населения по причинам 16 классов болезней (по МКБ-10); не менее 20 характеристик контрольно-надзорной деятельности.

Использовали единые для всех регионов математические зависимости в системе «среда – здоровье – контрольно-надзорная деятельность», полученные в результате обработки всей совокупности данных по Российской Федерации за три предшествующих года. Так, к примеру, относительная смертность детей от 0 до 17 лет и лиц пенсионного возраста была достоверно связана с долей проб атмосферного воздуха городских и сельских поселений и имела достоверную зависимость с превышением ПДК по содержанию диоксида азота, взвешенных веществ и ароматических углеводородов ($p < 0,05$, $R^2 = 0,233$ для детей и $0,249$ для пенсионеров). Установлены и параметризованы связи болезней системы кровообращения у взрослых и у детей с частотой несоответствия воды сис-

темы хозяйственного питьевого водоснабжения гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям ($p < 0,05$, $R^2 = 0,118$). Показано, что повышенные уровни жесткости воды, концентраций железа, марганца, алюминия, хлора и хлорорганических соединений связаны с формированием заболеваний органов пищеварения, кровообращения, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы, крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм. Нарушение санитарных норм по микробиологическому фактору достоверно ассоциировано с частотой инфекционных болезней, в том числе вспышечного характера ($p < 0,05$, $R^2 = 0,102 \div 0,472$).

В целом по Российской Федерации наиболее результативными являются обследования, при которых были выявлены нарушения санитарного законодательства, внеплановые проверки, проверки, при которых применялись лабораторные и инструментальные методы исследования. Снижение доли нестандартных проб атмосферного воздуха и питьевых вод достоверно связано с частотой возбуждения дел об административных правонарушениях и вынесением постановлений о назначении административного наказания в отношении промышленных предприятий и объектов водоснабжения населения и т.п.

Результаты и их обсуждение. Анализ данных о состоянии среды обитания в исследованных регионах показал, что во всех изучаемых субъектах Федерации есть общие проблемы несоответствия качества среды обитания гигиеническим требованиям и нормативам (табл. 1).

Наибольшая частота несоблюдения обязательных требований регистрируется во всех регионах в отношении санитарно-химических показателей качества питьевых вод, подаваемых населению (от 6,1 % в Республике Башкортостан до 42,5 % в Ленинградской области). При этом во всех регионах в питьевой воде наблюдаются повышенные уровни марганца (от 0,8 до 4,3 % нарушений). В Ленинградской и Челябинской областях отмечаются повышенные уровни содержания железа (18,7 и 18,6 % нестандартных проб соответственно). В регионах регистрируются некоторые особенности: в Ленинградской области наблюдаются повышенные уровни алюминия (2,2 % нестандартных проб), в Челябинской области – никеля (0,9 % нарушений), в Республике Башкортостан – сульфатов (2,5 % проб, превышающих

Таблица 1

Основные показатели соответствия качества среды обитания населения регионов гигиеническим требованиям и нормативам (2015 г.)

Показатель качества среды обитания	Республика Башкортостан	Ленинградская область	Челябинская область
Доля исследованных проб водопроводов, не соответствующих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям, %	2,5	4,1	3,0
Доля исследованных проб водопроводов, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, %	6,1	42,5	21,0
Доля исследованных в городских и сельских поселениях проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по содержанию примесей в воздухе (всего), %	1,1	0,4	1,1
Доля исследованных в городских и сельских поселениях проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по содержанию взвешенных веществ, %	0,9	0,5	1,2
Доля исследованных проб почв в селитебной зоне, не соответствующих нормативам по микробиологическим показателям, %	0,3	6,8	15,7

норматив). Есть особенности в загрязнении атмосферного воздуха, что определяется спецификой производственных объектов, размещенных в населенных пунктах регионов. Так, в 2015 г. в Челябинской области доля исследованных в городских и сельских поселениях проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по содержанию бенз(а)пирена составила более 20 %. В Республике Башкортостан превышение норм ПДК по содержанию гидроксибензола и его производных наблюдалось в 0,9 %. Челябинская область характеризуется самыми высокими уровнями микробиологического загрязнения почв поселений.

Однако, так или иначе, все регионы имеют выраженные и измеряемые факторы риска для здоровья населения. Риски реализуются в виде дополнительных случаев смертей и заболеваний детского и взрослого населения и значительных экономических ущербов, связанных с этими медико-демографическими потерями. Так, в Республике Башкортостан с неблагоприятным качеством среды обитания в 2015 г. было вероятно ассоциировано порядка 290 дополнительных смертей (в основном взрослого населения) и более 129,5 тысячи случаев заболеваний. В целом дополнительные смерти и случаи заболеваний сформировали экономические потери регионального валового продукта на уровне 1,2 млрд рублей. Почти 280 случаев смерти и 43 тысячи заболеваний, а также 900 млн рублей потерь может быть связано с неудовлетворительным качеством воздуха, воды и почв поселений Ленинград-

ской области и более 2,6 млрд рублей – в Челябинской области.

Вместе с тем анализ связи результатов контрольно-надзорной деятельности с качеством среды обитания и, опосредованно, с медико-демографическими показателями в регионах свидетельствует о том, что эти потери в отсутствие санитарно-эпидемиологического контроля могли быть существенно выше.

Так, в Республике Башкортостан в 2015 г. в результате действий органов и организаций Роспотребнадзора не допущено значительное число нарушений требований к санитарно-химическим показателям качества питьевой воды и почв городских и сельских поселений. При отсутствии сдерживающих действий органов и организаций Федеральной службы по защите прав потребителей и благополучия человека в Ленинградской области прогнозировали снижение качества питьевых вод, подаваемых населению, рост загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном, взвешенными веществами, ухудшение санитарного состояния почвы. В табл. 2 приведены только некоторые показатели, характеризующие потенциальные негативные параметры среды обитания, которые были предотвращены в результате активных действий службы.

Предотвращенное загрязнение позволило не допустить в каждом регионе порядка 700–800 дополнительных случаев смерти по причинам болезней органов дыхания, сердечно-сосудистых заболеваний и новообразований. При этом порядка 35 % предотвращенных случаев смерти могут быть отнесены на экономи-

Таблица 2

Предотвращенные в результате контрольно-надзорной деятельности органов и организаций Роспотребнадзора несоответствия параметров среды обитания гигиеническим нормативам (2015 г.)

Показатель качества объектов среды обитания	Республика Башкортостан	Ленинградская область	Челябинская область
Доля проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, %	2,6	2,3	0,8
Доля проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, %	46,0	31,6	25,1
Доля проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию алюминия, %	4,5	3,8	4,3
Доля в городских и сельских поселениях проб атмосферного воздуха с превышением ПДК в воздухе (всего), %	3,7	6,9	2,2
Доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по содержанию бенз(а)пирена, %	14,5	19,7	9,5
Доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по содержанию взвешенных веществ, %	3,1	6,2	1,0
Доля проб почв в селитебной зоне, не соответствующих гигиеническим нормативам по тяжелым металлам, %	2,3	2,5	1,7
Доля исследованных проб почв в селитебной зоне, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, %	7,8	7,5	4,9

чески активное население, принимающее участие в формировании валового регионального продукта. Число предотвращенных случаев заболеваний составило порядка 71 тысячи случаев в Ленинградской области, 83 тысяч случаев в Челябинской и более 160 тысяч – в Республике Башкортостан. В структуре заболеваний, предотвращенных контрольно-надзорными действиями службы, – болезни органов дыхания у детей и взрослых (от 35 до 50 %); болезни органов пищеварения (порядка 20 % у детей и 7,5 % у взрослых); болезни сердечно-сосудистой системы (около 4 % у детей и 6–8 % у взрослых), инфекционные и паразитарные заболевания, болезни эндокринной системы и иные поражения.

Заболевания детей в 20–22 % случаев определяют пребывание лиц трудоспособного возраста на листках нетрудоспособности по уходу за больным [1]. Кроме того, заболевания напрямую являются причиной нетрудоспособности экономически активного населения регионов (порядка 78 % людей трудоспособного возраста и около 25 % лиц старше него). Это имеет следствием прямые экономические потери отдельных регионов страны и государства в целом.

По результатам исследования установлено, что предотвращенные экономические ущербы в исследованных регионах составили в 2015 г.

(в ценах 2015 г.) от 1,0 млрд руб. в Челябинской области до 2,3 млрд руб. в Республике Башкортостан (табл. 3).

Отнесение предотвращенного экономического ущерба к реальным затратам управлений Роспотребнадзора в регионах на выполнение контрольно-надзорных мероприятий по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия позволяет оценить экономическую эффективность этой деятельности в диапазоне от 18,0 руб./1 руб. затрат (Челябинская область) до 27,5 руб./1 руб. затрат в Республике Башкортостан. Полученные данные свидетельствуют о высокой актуальности и эффективности деятельности службы.

Выводы:

– оценка экономической эффективности контрольно-надзорной деятельности по конечному результату – показателям снижения смертности и заболеваемости населения по причинам, достоверно связанным с неблагоприятными факторами среды обитания – является корректной и объективной мерой оценки деятельности службы;

– высокие показатели эффективности контрольно-надзорной деятельности в отдельных регионах должны лежать в основе анализа деятельности службы в целом и рассматриваться в качестве ориентира для прочих субъектов Федерации;

Таблица 3

Предотвращенные в результате контрольно-надзорной деятельности экономические потери от смертности и заболеваемости населения, ассоциированные с негативным воздействием факторов среды обитания, и ее эффективность (2015 г.)

Показатель	Республика Башкортостан	Ленинградская область	Челябинская область
Общая численность населения, тыс. чел.	4071,99	1778,86	3497,27
Затраты на выполнение контрольно-надзорных мероприятий по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия, млн руб.	82,20	54,66	55,79
Валовый региональный продукт на одного занятого, млн руб.	0,79	1,06	0,67
Предотвращенный экономический ущерб, исходя из валового регионального продукта, млн руб.:	2 256,66	1 381,12	1 004,47
– в том числе потери от смерти	65,87	114,40	77,22
– в том числе потери от заболеваний	2 190,79	1 266,72	927,25
Экономическая эффективность, исходя из предотвращенных потерь ВРП, руб. на 1 руб. затрат	27,45	25,27	18,01

– результаты оценки предотвращенных медико-демографических и экономических потерь должны быть использованы как информационно-аналитическая база для выработки решений по минимизации рисков для здоровья населения, связанных с качеством среды обитания.

Для развития системы экономических оценок деятельности службы представляется целе-

сообразным распространение методологии на оценку показателей, связанных с качеством потребительской продукции, совершенствование методов сбора и обработки данных для установления связей в системе «среда – здоровье», развитие системы выявления, доказательства и регистрации случаев причинения вреда здоровью граждан негативным воздействием факторов среды обитания.

Список литературы

1. Александрова О.Ю. Заболеваемость детей как причина трудопотерь работающих: автореф. дис. ... канд. мед наук. – Рязань, 1995. – 21с.
2. Голева О.И. Экономическая оценка потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения в Российской Федерации: проблемы и перспективы // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 261, № 12. – С. 7–9.
3. Контрольно-надзорная деятельность в Российской Федерации: аналитический доклад. – 2-е изд. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 320 с.
4. Концептуальные и методические аспекты повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности на основе оценки опасности объекта с позиций риска причинения вреда здоровью населения / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, А.С. Сбоев, Е.Е. Андреева // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 261, № 12. – С. 4–7.
5. Концепция повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления на 2014–2018 годы: проект [Электронный ресурс]. – 2013. – 21 с. – URL: <http://www.vcci.ru/vtpp/adinf/andetail.php?ID=24141> (дата обращения: 20.07.2017).
6. Методические подходы к определению вклада органов и организаций Роспотребнадзора в управление риском здоровью населения / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Е.В. Бабушкина, А.Л. Гусев // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – № 11. – С. 11–13.
7. Методические подходы к расчету фактических и предотвращенных медико-демографических и экономических потерь, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 7. – С. 95–99.
8. Методология расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения: методические рекомендации [Электронный ресурс] / утв. Приказом Министерства экономического развития Российской Федерации, Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Министерством финансов Российской Федерации и Федеральной службы государственной статистики № 192/323н/45н/113 от 10 апреля 2012 г. – М., 2012. – 16 с. – URL: https://rg.ru/pril/73/43/77/23983_metodologiya.pdf (дата обращения: 20.07.2017).
9. МР 5.1.0095–14. Расчет фактических и предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. – 65 с.

10. МР 5.1.2133-06. Бюджетирование, ориентированное на конечный результат в условиях среднесрочного финансового планирования в Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 32 с.

11. О совершенствовании результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности федеральных органов исполнительной власти: проект указа президента (подготовлен Минэкономразвития России 04.10.2016 г.) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56592505/> (дата обращения: 28.06.2017).

12. Об утверждении методических рекомендаций «Система оценки деятельности органов и учреждений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека»: Приказ Роспотребнадзора № 355 от 03.10.2008 г. [Электронный ресурс]. – М., 2008. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/4087342/> (дата обращения: 22.07.2017)

13. Послание Президента Российской Федерации к Федеральному собранию Российской Федерации. – URL: <http://kremlin.ru/news/47173> (дата обращения: 10.05.2017).

14. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 5–10.

15. Численность пенсионеров и средний размер назначенных пенсий по видам пенсионного обеспечения и категориям пенсионеров [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/urov/urov_p2.htm (дата обращения: 18.07.2017).

16. Шестопалов Н.В., Симкалова Л.М., Митрохин О.В. Бюджетирование, ориентированное на результат, для специалистов Роспотребнадзора: учебное пособие. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 256 с.

К оценке в регионах эффективности контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора по критериям предотвращенных экономических потерь от смертности и заболеваемости населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания / Д.А. Кирьянов, М.Ю. Цинкер, О.А. Историк, Е.Г. Степанов, Н.Х. Давлетнуров, В.М. Ефремов // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 12–20. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.02

UDC 614.3/4

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.02.eng

ON ASSESSMENT OF RSPOTREBNADZOR SURVEILLANCE AND CONTROL ACTIVITIES EFFICIENCY IN REGIONS: ASSESSMENT CRITERIA BEING PREVENTED ECONOMIC LOSSES CAUSED BY POPULATION MORBIDITY AND MORTALITY AND ASSOCIATED WITH NEGATIVE IMPACTS EXERTED BY ENVIRONMENTAL FACTORS

D.A. Kiryanov¹, M.Yu. Tsinker¹, O.A. Istoric², E.G. Stepanov³, N.Kh. Davletnurov³, V.M. Efremov⁴

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

²Federal Service for Surveillance over Consumer Rights protection and Human Well-being, Leningrad region office, 27 Ol'minskogo Str., St. Petersburg, 192029, Russian Federation

³Federal Service for Surveillance over Consumer Rights protection and Human Well-being, Bashkortostan Republic regional office, 58 R. Zorge Str., Ufa, 450054, Russian Federation

⁴Federal Service for Surveillance over Consumer Rights protection and Human Well-being, Chelyabinsk region office, 73 El'kina Str., Chelyabinsk, 454092, Russian Federation.

The paper outlines the results of calculating actual and prevented economic losses caused by population mortality and morbidity and associated with negative impacts by environmental factors the prevention of which resulted from surveillance and control activities. Rospotrebnadzor bodies and organizations efficiency was assessed in Leningrad region, Bashkortostan, and Chelyabinsk region, and we give the results of this assessment. Not less than 25 environment parameters were examined in each region (air in rural and urban settlements, drinking water, soils in settlements); we examined population

morbidity parameters both for children and adults in terms of death causes and morbidity as per 16 diseases categories (as per ICD-10); we also took not less than 20 features of surveillance and control activities. All regions had apparent and measurable risk factors for population health related to environment quality which didn't conform to hygienic requirements and standards. All risks caused additional deaths and diseases among children and adults. In 2015 additional mortality and morbidity cases associated with environmental factors caused economic losses of regional gross product in each region and they were equal to 1-2.5 billion rubles. Surveillance and control activities performed by the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Well-being helped to prevent deterioration of air, drinking water and soils in settlements. As a result, approximately 700 additional deaths and from 70 to 16 thousand additional diseases among children and adults were prevented in each region. Prevented economic losses in the examined regions varied from 1.0 billion rubles in Chelyabinsk region to 2.3 billion rubles in Bashkortostan. Economic efficiency of surveillance and control activities in the sphere of providing sanitary and epidemiologic safety of the population varies from 18 to 27 rubles per 1 ruble of costs in the examined year.

Key words: *Rospotrebnadzor, surveillance and control activities, population health, environment, efficiency, mortality indexes, losses of regional gross product.*

References

1. Aleksandrova O.Yu. Zabolevaemost' detei kak prichina trudopoter' rabotayushchikh: avtoref. diss. ... kand. med nauk [The Incidence of Child Labor Losses as a Cause of Work]. Ryazan', 1995, 21 p. (in Russian).
2. Goleva O.I. Ekonomicheskaya otsenka poter' ot smertnosti, zabolevaemosti i invalidizatsii naseleniya v Rossiiskoi Federatsii: problemy i perspektivy [Economic assesment loss from population's mortality, morbidity and disability: problems and prospects]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2014, vol. 261, no. 12, pp. 7–9 (in Russian).
3. Kontrol'no-nadzornaya deyatel'nost' v Rossiiskoi Federatsii: Analiticheskii doklad [Control and Supervisory Activities in the Russian Federation: Analytical Report]; 2-nd ed. Moscow, MAKS Press, Publ., 2014, 320 p. (in Russian).
4. Zaitseva N.V., May I.V., Kir'yanov D.A., Sboev A.S., Andreeva E.E. Kontseptual'nye i metodicheskie aspekty povysheniya effektivnosti kontrol'no-nadzornoj deyatel'nosti na osnove otsenki opasnosti ob"ekta s pozitsii riska prichineniya vreda zdorov'yu naseleniya [Conceptual and methodological aspects of improving the effectiveness of control and supervisory activities based on hazard and risk assessment and estimation of harm to health of the population]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2014, vol. 261, no. 12, pp. 4–7 (in Russian).
5. Kontseptsiya povysheniya effektivnosti kontrol'no-nadzornoj deyatel'nosti organov gosudarstvennoi vlasti i organov mestnogo samoupravleniya na 2014–2018 gody: Proekt [A concept of increase in efficiency of surveillance and control activities performed by state and local authorities for 2014-2018: a project]. 2013, 21 p. Available at: <http://www.vcci.ru/vtpp/adinf/andetail.php?ID=24141> (20.07.2017) (in Russian).
6. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Babushkina E.V., Gusev A.L. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu vklada organov i organizatsii Rospotrebnadzora v upravlenie riskom zdorov'yu naseleniya [Methodical approaches to determining the contribution of institutions and services of the federal state service for surveillance in the sphere of consumers protection and human well-being to health risk management]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2010, no. 11, pp. 11–13 (in Russian).
7. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., Mai I.V., Kir'yanov D.A. Metodicheskie podkhody k raschetu fakticheskikh i predotvrashchennykh mediko-demograficheskikh i ekonomicheskikh poter', assotsirovannykh s negativnym vozdeistviem faktorov sredi obitaniya [Methodological approaches to the calculation of actual and prevented as a result of the control and supervisory activities, medical-demographic and economic losses, associated with the negative impact of environmental factors]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 7, pp. 95–99 (in Russian).

© Kiryanov D.A., Tsinker M.Yu., Istorik O.A., Stepanov E.G., Davleturov N.Kh., Efremov V.M., 2017

Dmitriy A. Kiryanov – Candidate of Technical Sciences, Head of Department for mathematic Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Mikhail Yu. Tsinker – junior researcher at Department for mathematic Modeling of Systems and Processes (e-mail: cinker@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Ol'ga A. Istorik – Chief State Sanitary Inspector in Leningrad region, Head (e-mail: lenobl@47.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8 (812) 365-18-00).

Evgeniy G. Stepanov – Candidate of Medical Science, Chief State Sanitary Inspector in Bashkortostan, Head (e-mail: Stepanov_EG@02.rospotrebnadzor.ru; тел.: +7 (347) 229-90-99).

Nail Kh. Davleturov – Head of social-hygienic monitoring department (e-mail: Davleturov_NKh@02.rospotrebnadzor.ru; тел.: +7 (347) 229-90-50)

Vladimir M. Efremov – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Deputy administrator (e-mail: efremov@chel.surnet.ru; тел.: +7 (351) 266-71-53).

8. Metodologiya rascheta ekonomicheskikh poter' ot smertnosti, zaboлеваemosti i invalidizatsii naseleniya: Metodicheskie rekomendatsii [The methodology for calculating the economic cost of mortality, morbidity and disability in the working population: Guidelines]. utv. Prikazom ot 10 aprelya 2012 goda № 192/323n/45n/113 Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii, Ministerstva zdravookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii, Ministerstvom finansov Rossiiskoi Federatsii i Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki. Moscow, 2012, 16 p. Available at: https://rg.ru/pril/73/43/77/23983_metodologiya.pdf (20.07.2017) (in Russian).

9. MR 5.1.0095–14. Raschet fakticheskikh i predotvrashchennykh v rezul'tate kontrol'no-nadzornoй deyatelnosti ekonomicheskikh poter' ot smertnosti, zaboлеваemosti i invalidizatsii naseleniya, assotsirovannykh s negativnym vozdeistviem faktorov sredi obitaniya: Metodicheskie rekomendatsii [MR 5.1.0095–14. Calculation of actual and prevented economic losses caused by population mortality, morbidity and disability and associated with negative impacts exerted by environmental factors which were prevented due to surveillance and control activities: Methodical guidelines]. Moscow, Federal'nyi tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, Publ., 2015, 65 p. (in Russian).

10. MR 5.1.2133-06. Byudzhetrovnie, orientirovannoe na konechnyi rezul'tat v usloviyakh srednesrochnogo finansovogo planirovaniya v Federal'noi sluzhbe po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka: Metodicheskie rekomendatsii [MP 5.1.2133-06. Budgeting oriented at eventual result in average-term financial planning by the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights protection and Human Well-being: Methodical guidelines]. Moscow, Federal'nyi tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, Publ., 2006, 32 p. (in Russian).

11. O sovershenstvovanii rezul'tativnosti i effektivnosti kontrol'no-nadzornoй deyatelnosti federal'nykh organov ispolnitel'noi vlasti: Proekt Ukaza prezidenta (podgotovlen Minekonomrazvitiya Rossii 04.10.2016) [On improving efficiency of surveillance and control activities performed by federal executive bodies: A project of the Presidential Order (worked out by the RF Ministry of Economic Development on October 04, 2016)]. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56592505/> (28.06.2017) (in Russian).

12. Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendatsii «Sistema otsenki deyatelnosti organov i uchrezhdenii Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka»: Prikaz Rospotrebnadzora ot 03.10.2008. № 355 [On approving methodical guidelines "A system of assessing bodies and organizations of the Federal Service for Surveillance over Consumer Rights protection and Human Well-being": Order by Rospotrebnadzor issued on October 03, 2008. No. 355]. Moscow, 2008. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/4087342/> (22.07.2017) (in Russian).

13. Poslanie Prezidenta Rossiiskoi Federatsii k Federal'nomu sobraniyu Rossiiskoi Federatsii [The RF President message to the RF Federal Assembly]. Available at: <http://kremlin.ru/news/47173> (10.05.2017) (in Russian).

14. Rakhmanin Yu.A., Mikhailova R.I. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e: priority profylakticheskoi meditsiny [Environment and Health: Priorities for Preventive Medicine]. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 5, pp. 5–10 (in Russian).

15. Chislennost' pensionerov i srednii razmer naznachennykh pensii po vidam pensionnogo obespecheniya i kategoriyam pensionerov [Number of retired employees and average pension as per pension provision types and retired employees categories]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/urov/urov_p2.htm (18.07.2017) (in Russian).

16. Shestopalov N.V., Simkalova L.M., Mitrokhin O.V. Byudzhetrovanie, orientirovannoe na rezul'tat, dlya spetsialistov Rospotrebnadzora: uchebnoe posobie [Result-oriented budgeting for Rospotrebnadzor experts: a manual]. Moscow, GEOTAR-Media, Publ., 2007, 256 p. (in Russian).

Kiryakov D.A., Tsinker M.Yu., Istorik O.A., Stepanov E.G., Davletnurov N.Kh., Efremov V.M. On assessment of rospotrebnadzor surveillance and control activities efficiency in regions: assessment criteria being prevented economic losses caused by population morbidity and mortality and associated with negative impacts exerted by environmental factors. Health risk analysis, 2017, no. 3, pp. 12–20. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.02.eng

Получена: 17.05.2017

Принята: 20.09.2017

Опубликована: 30.09.2017

АЛГОРИТМЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭКСПОЗИЦИИ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 504.6: 614

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.03

К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ (300 ГГц – 300 МГц) В КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ЦЕНТРЕ НА БАЗЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

И.В. Май¹, С.Ю. Балашов¹, С.А. Вековшинина¹, М.А. Кудря²

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

²Центр санитарии и эпидемиологии, Россия, 129115, г. Москва, ул. Академика Королева, 13, стр. 1

Рассматриваются вопросы моделирования уровней электромагнитных полей (ЭМП) с частотой 300 ГГц – 300 МГц, создаваемых источниками телерадиопередающих объектов, радиолокации и сотовой связи в крупном краевом центре, в среде геоинформационной системы. Ставилась задача оценки уровней ЭМП в зонах жилой застройки и уровней потоков энергии на разных этажах зданий, зонирования территории города по уровням ЭМП и верификации полученных результатов прямыми измерениями фактора. В расчеты включены данные о 2011 источниках ЭМИ, расположенных на территории города. Учтены объемные параметры 31 949 зданий, в том числе маркированы 17 307 жилых и 3160 административных зданий, 307 дошкольных и 105 школьных общеобразовательных учреждений. Расчеты проводили в городской системе координат в 109 тысячах точек. Каждый расчет формировал картину распространения ЭМП в плоскости на заданной высоте, что позволяло установить уровень экспозиции в контрольной точке по результатам «среза» и построить 3D-модель загрязнения. Порядка 80 % всех расчетов характеризовались параметрами ЭМП в диапазоне 0,1–10 КБ (критерий безопасности). Выделены зоны максимальных расчетных уровней ЭМП на высотах 18–25 метров. В этих зонах инструментальными исследованиями доказаны высокие уровни фактора, в том числе с кратностью превышения допустимых уровней до 4–6 раз, что требует осторожности относительно безопасности среды обитания для лиц, постоянно проживающих на исследованной территории. Полученные данные предназначены для обоснования точек инструментальных измерений в рамках специальных исследований или социально-гигиенического мониторинга, а также для последующей оценки экспозиции и риска для здоровья. В рамках эпидемиологических исследований материалы могут быть использованы для сопряженного пространственного анализа уровней потока энергии и заболеваемости взрослых и детей.

Ключевые слова: электромагнитное поле, фактор риска для здоровья, пространственное моделирование.

Интенсивное развитие современных технологий, основанных на свойствах электромагнитных волн, диктует необходимость совершенствования методов гигиенической оценки состояния среды обитания человека [4, 6, 10]. Базовые станции подвижной связи, ведомственная связь (скорая помощь, пожарные, МЧС и пр.), частотно-модулированное телерадиовещание, радиорелейные системы, трассовые обзорные радио-

локаторы, предназначенные для контроля воздушной обстановки, а также иные источники излучений обеспечивают потребности промышленности и населения во все возрастающих объемах, заменяя иные виды процессов и устройств. Уровни электромагнитных полей (ЭМП) искусственного происхождения становятся значимым экологическим фактором с высокой биологической активностью. В сфере радио- и телевеща-

© Май И.В., Балашов С.Ю., Вековшинина С.А., Кудря М.А., 2017

Май Ирина Владиславовна – доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе (e-mail: may@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-47).

Балашов Станислав Юрьевич – заведующий лабораторией методов комплексного санитарно-гигиенического анализа и экспертиз (e-mail: stas@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Вековшинина Светлана Анатольевна – заведующий лабораторией методов оценки соответствия и потребительских экспертиз (e-mail: veksa@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Кудря Михаил Александрович – директор (тел.: 8 (495) 643-24-29).

ния, беспроводной связи и т.п. направлены разрабатываются технологии и средства для максимально плотного «радиопокрытия» территорий постоянного проживания населения. Наличие среди участников телекоммуникационного бизнеса борьбы за рынок сбыта услуг ведет к многократному наложению электромагнитных полей, создаваемых конкурирующими компаниями.

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 1995 г. официально введен термин «глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды», тем самым включившей проблему электромагнитного загрязнения в перечень приоритетных для человечества. ВОЗ реализует Международный электромагнитный проект (WHO International EMF Project), что подчеркивает актуальность и значение, придаваемое международной общественностью этой теме.

Исследования уровней электромагнитных полей (ЭМП), в том числе в контексте оценки экспозиции населения, выполнялись в рамках отдельных научных проектов [1, 7, 12, 15, 16] или комплексных программ, таких, к примеру, как европейская научная программа COST244bis [18]. Ряд авторов рассматривают электромагнитные поля как факторы риска развития злокачественных новообразований [3, 12]. Имеются данные о влиянии электромагнитных излучений в диапазоне радиочастот на формирование неканцерогенных рисков нарушения здоровья населения [11, 13–15, 23, 24]. Встречаются публикации, свидетельствующие о недоказанности некоторых эффектов для здоровья [21]. Однако все исследования в целом подтверждают актуальность изучения воздействия ЭМП на организм человека. В любом случае документы ВОЗ и других международных организаций требуют при оценках безопасности объектов неионизирующего излучения придерживаться принципов предосторожности [17, 22, 25–28]. Это тем важнее, что, по мнению многих авторов, в стране имеет место недооценка опасности ЭМП для здоровья, отсутствует системный мониторинг фактора и средства индивидуальной дозиметрии ЭМП.

Следует отметить, что крайне мало исследований при организации и проведении измерений ЭМП уделяется оценке экспозиции как меры контакта фактора с человеком. Сложность корректной оценки экспозиции отмечается многими исследователями. Например, данные, собранные в разных странах в рамках программы COST224bis об уровнях ЭМП в зонах расположения базовых станций сотовой связи,

находились в диапазоне от 0,000001 до 48 мВт/м². В серии исследований, проведенных на территории Германии, Франции, Швейцарии, также получены данные, отличающиеся друг от друга на несколько порядков: при средних значениях ЭМП на уровне 0,027–0,09 мВт/м² максимум составлял 3,5 мВт/м² [19, 28]. В работах отечественных исследователей приведены данные о том, что плотность потока энергии от базовых станций составляет от 0,1 до 5 мкВт/см². Значительный разброс результатов измерений свидетельствует о необходимости поиска унифицированных подходов к формированию программ наблюдений, методов и протоколов измерений.

В отчете научного комитета по электромагнитным полям Швеции (SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2016), содержащем наиболее актуальный на текущий момент мета-анализ результатов исследований в системе «электромагнитные поля – здоровье населения», отмечается необходимость общего повышения качества и доказательности эпидемиологических исследований [19].

Последнее особенно важно при проведении санитарно-гигиенических оценок, исследований, расследований, экспертиз в условиях городских поселений. Это объясняется тем, что, по данным ряда авторов, проблема электромагнитного загрязнения усугубляется сложным взаимодействием электромагнитного поля с объектами городской среды (отражением, дифракцией волн), разнонаправленностью антенн, вертикальной изменчивостью поля и т.п. [8–11]. Именно гигиеническая оценка должна лежать в основе планирования и застройки городов высотными зданиями, в том числе предназначенными для постоянного проживания [2]. Актуальным является также совершенствование методов анализа и прогноза санитарно-гигиенической ситуации при выборе мест размещения новых источников излучения (например, базовых станций сотовой связи), установления или снятия ограничений по высотности застройки вблизи передающих радиотехнических объектов (ПРТО) и оптимизации системы точек контроля уровней электромагнитных полей [5]. При этом оптимальным представляется сочетание расчетных методов и прямых измерений, что позволяет при снижении затрат на натурные исследования иметь инструмент для масштабных оценок и ситуационного моделирования [2].

Важность и актуальность разработки методических подходов к построению динамиче-

ских 3D-карт электромагнитного загрязнения территорий для задач градостроительного планирования, оптимизации социально-гигиенического мониторинга, последующих гигиенических оценок определили цель и задачи настоящего исследования [2, 5].

Цель исследования состояла в разработке и верификации инструментальными методами динамической трехмерной векторной карты электромагнитных полей крупного промышленного центра в сопряжении с тематической пространственной информацией о местах постоянного проживания населения.

Были поставлены задачи: инвентаризации основных источников ЭМИ, расположенных на территории города, определения их характеристик, расчета ЭМП на всей территории города на 22 разных высотах от 2 до 75 м над уровнем основания источника, критериальной оценки полученных результатов, зонирования территории города по уровням ЭМП и верификации полученных результатов прямыми измерениями фактора.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись территория и население г. Перми – крупного промышленного центра Западного Урала. Общая площадь поселения – 720 км², население порядка 1 млн человек. Для территориальной привязки использовали векторную карту города в среде геоинформационной системы ArcGIS, версия 9,3 (общая площадь расчетного прямоугольника 1,085 тыс. км²).

Обработку собранных первичных данных осуществляли как в общепринятых программах, например Microsoft Excel, с последующей возможностью передачи данных в программные средства для расчетов уровней ЭМП.

В расчетах учтены объемные параметры 31 949 зданий, в том числе маркированы 17 307 жилых и 3160 административных зданий, 307 дошкольных и 105 школьных общеобразовательных учреждений. Данные о 2011 источниках ЭМИ по г. Перми предоставлены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». В базу данных вошли объекты телекоммуникационной деятельности и оборудования, которые являются причиной насыщения окружающей среды электромагнитной энергией в различных диапазонах:

– 30...300 МГц (10...1 м) – подвижная связь, частотно-модулированное радиовещание (УКВ), телевизионное вещание, скорая помощь;

– 0,3...3 ГГц (100... 10 см) – радиорелейные линии, подвижная связь, радиолокация, радионавигация, телевизионное вещание;

– 3...30 ГГц (10...1 см) – радиолокация, спутниковая связь, подвижная связь, метеорологические локаторы, радиорелейные линии;

– 30...300 ГГц (10...1 мм) – радиолокация, спутниковая связь, радиорелейные линии, радионавигация.

Базовые станции сотовой связи излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 463 до 2200 Гц. Учитывали, что антенны базовых станций устанавливаются на высоте 15–100 метров от поверхности земли на уже существующих постройках (общественных, служебных, производственных и жилых зданиях, дымовых трубах промышленных предприятий и т. д.) или на специально сооруженных мачтах.

В качестве основы для выполнения оценки существующего уровня воздействия ЭМП был использован специализированный программный продукт ПК АЭМО 4.0, МУК 4.3.1167-02 «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц» и МУК 4.3.1677-03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи».

Расчеты проводили в городской системе координат в 109 тысячах точек. Каждый расчет формировал картину распространения ЭМП в плоскости на заданной высоте, что позволяло установить уровень экспозиции в контрольной точке по результатам «среза» и построить 3D-модель загрязнения.

В качестве критериев допустимого уровня ЭМП рассматривали гигиенические нормативы, установленные в СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» и СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи». В соответствии с указанными СанПиН в диапазоне 30 МГц – 300 ГГц предельно допустимые уровни для населения составляют 10 мкВт/см²

Инструментальные исследования, верифицирующие расчеты, были выполнены лабораторно-испытательным центром ООО «Центр санитарии и эпидемиологии», г. Москва (аттестат аккредитации № RA.RU.21ЦСО1 от 29.01.2016 г.). Плотность потока энергии измеряли в соответствии с МУК 4.3.1.67-02 «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работаю-

щих в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц» измерителем уровней электромагнитных излучений ПЗ-41. В течение года выполнено 80 замеров на разных высотах в жилых и общественных зданиях в зонах наибольшей расчетной плотности потоков энергии.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что внешнесредовую нагрузку в краевом центре формирует 2011 источников телекоммуникационной деятельности и оборудования, которые являются причиной насыщения окружающей среды электромагнитной энергией в различных диапазонах. Сформирована база данных об источниках электромагнитного излучения, в которую включены:

- 1666 базовых станций подвижной связи с мощностью передатчиков от 10 до 20 Вт, которые расположены равномерно по всей территории города, излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 400 до 3000 Гц, установлены на высоте 15–100 метров от поверхности земли на уже существующих постройках (общественных, служебных, производственных и жилых зданиях, дымовых трубах промышленных предприятий и т.д.) или на специальных мачтах;

- 248 единиц радиорелейных линий связи, образованных цепочками ретрансляционных радиостанций;

- 95 антенн, составляющих антенные поля трех передающих радиоцентров различной ведомственной принадлежности;

- 2 трассовых обзорных радиолокатора с мощностью передатчиков 4100 Вт, работающих на частоте 3000 МГц, и иные источники излучения.

Источники на территории города расположены неравномерно. Наибольшее число источников ПРТО расположено в центральной части города на участках повышения рельефа. Практически все источники размещены непосредственно в селитебных зонах или максимально приближены к ним.

По результатам проведения всего спектра расчетов уровней ЭМП на высотах от 2 до 70 метров был получен массив расчетных точек в границах расчетного параллелепипеда с результатами расчетов уровней ЭМП на каждой отдельно взятой высоте. В результате сопряжения полученных результатов с векторными слоями зданий и сооружений с учетом высотности застройки была получена трехмерная картина распределения воздействия, фрагмент которой представлен на рис. 1.

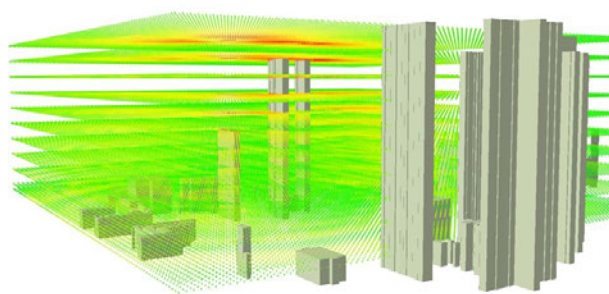


Рис. 1. Пример трехмерной визуализации уровня ЭМП (высоты от 3 до 35 м над уровнем земли)

Расчеты и последующее картографирование ЭМП на территории города показали отсутствие превышений ПДУ в городской черте.

Наибольший ожидаемый уровень ЭМП в исследованном диапазоне составил 15,2 КБ в зоне размещения радиолокатора аэропорта, осуществляющего связь воздушно-транспортных средств с диспетчерской. Объект находится в нескольких километрах за чертой города на территории Пермского района. В настоящее время в зоне с ненормативным уровнем ЭМП расположена жилая застройка и даны рекомендации для генерального плана города.

Порядка 80 % всех расчетных точек характеризовались параметрами ЭМП в диапазоне 1–10 КБ. Максимальные значения находились в диапазоне 4,0–5,5 КБ и были установлены на высотах 4–7-х этажей в разных зонах города (рис. 2).

С увеличением высоты расчетные значения ЭМП в целом по городу возрастали, достигая максимума на уровнях 9–18 м, затем постепенно снижались, продолжая оставаться более высокими, чем в приземном слое.

Площадь территории с уровнем 1–10 КБ в пределах расчетного прямоугольника на высоте 3 м (первые этажи зданий) составляла 5,86 км², на высотах 12 м (2–4-е этажи зданий) – 20,9 км², на высоте 30 м (9–11-е этажи зданий) – 13,6 км², на высотах 48 м – порядка 14,5 км².

В зонах, характеризующихся плотностью потока энергии от 1 до 10 КБ, где были выполнены и инструментальные исследования, расположены около 1000 домов, в которых на текущий момент проживает около 145 тысяч человек. Количество жителей, постоянно проживающих в зонах наибольшего расчетного электромагнитного загрязнения исследованного диапазона (более 3 КБ), составляет порядка 15 тысяч человек. Здесь же расположен ряд детских дошкольных и школьных учреждений (рис. 3).

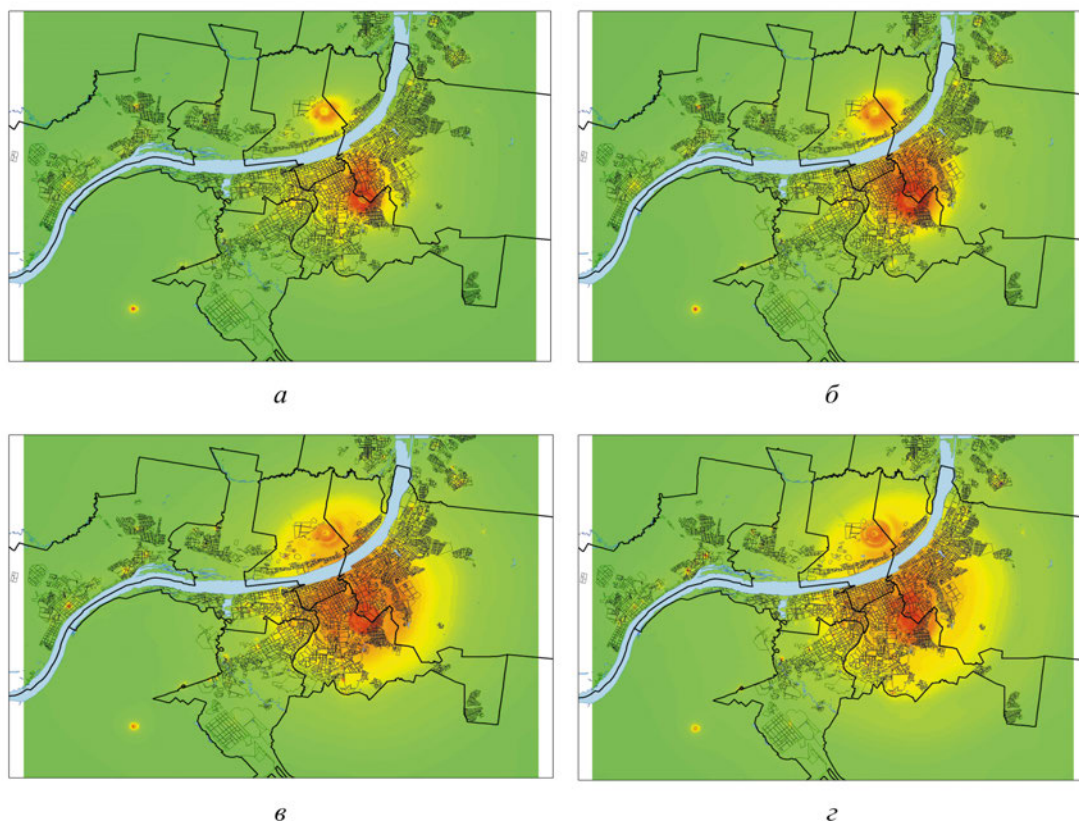


Рис. 2. Уровень электромагнитного поля на территории г. Перми на разных высотах от поверхности земли: а – 3 м; б – 6 м; в – 18 м; г – 30 м

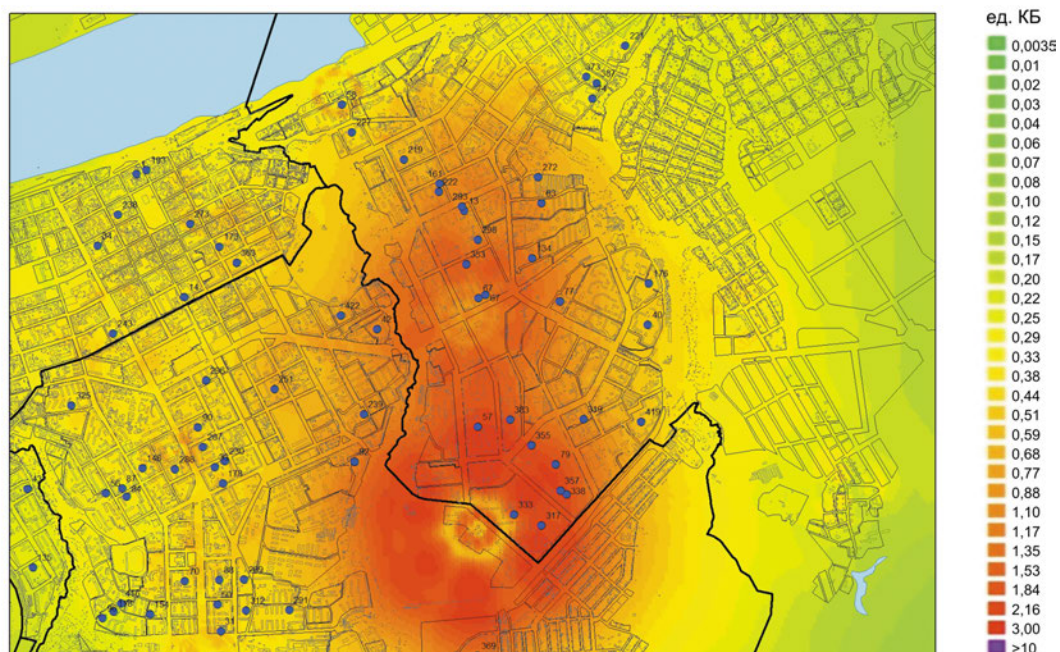


Рис. 3. Уровень ЭМП в центральной части города и расположенные в зонах влияния ПРТО детские дошкольные учреждения (обозначены синим цветом)

Показатели интенсивности ЭМП на разных этажах жилых зданий в центральной части г. Перми в зоне повышенных расчетных величин КБ

Показатель	Точки проведения измерений				
	Придомовая территория	1–2-е этажи (3–6 м)	3–5-е этажи (9–15 м)	6–9-е этажи (18–27 м)	10–14-е этажи (30–42 м)
Средний уровень ППЭ, мкВт/см ²	0,91	0,96	1,58	4,21	1,30
Неопределенность «←» U–	0,45	0,47	0,78	2,07	0,64
Неопределенность «→» U+	0,77	0,82	1,35	3,59	1,11
$\Sigma (E/ПДУ)^2$	0,04	0,16	0,07	0,13	0,09
КБ _{ср}	0,20	0,34	0,35	0,87	0,32
Максимальный уровень, ППЭ, мкВт/см ²	1,64	2,56	12,73	31,29	4,21
Неопределенность «←» U–	0,81	1,26	6,25	15,37	2,07
Неопределенность «→» U+	1,39	2,18	10,85	26,68	3,59
$\Sigma (E/ПДУ)^2$	0,01	0,57	–	–	0,25
КБ _{max}	0,31	1,05	2,36	5,80	1,03

Инструментальные измерения показали довольно высокую сходимость с расчетными показателями. Уровни ЭМП по данным натурных исследований в «красно-оранжевой зоне», для которой по результатам моделирования ситуации расчетами был определен уровень ЭМП от 0,3 до 3,0 КБ, характеризовались средней измеренной величиной ППЭ на уровне 0,52 мкВт/см².

Полностью нашел подтверждение факт изменения плотности потока энергии по высотам. Для Перми «критическими» на исследованном участке явились высоты 18–25 м над основанием здания (таблица). Именно на этих высотах были зафиксированы наиболее высокие уровни ЭМП (таблица).

В силу того что исследования заведомо выполнялись в местах потенциально наибольших уровней ЭМП, инструментальными исследованиями был выявлен ряд превышений критерия безопасности. В 9 из 80 проб критерий безопасности был выше 1,0, кратность превышения составила почти 6 раз. Максимальный уровень плотности потока энергии (31,29 мкВт/см²) с учетом неопределенности «→» U+ (26,68 мкВт/см²), что составило 5,8 КБ, был зафиксирован на высоте порядка 18 метров. В этом же жилом доме, на верхнем, 5-м, этаже при следующем замере зарегистрирован показатель 2,35 КБ при максимальном уровне плотности потока энергии 12,73 мкВт/см², с учетом неопределенности «→» U+ – 10,85 мкВт/см². Повторные нарушения гигиенических нормативов свидетельствуют об актуальности системного мониторинга уровней ЭМП, оценки рисков для здоровья жителей и обоснования последующих решений по минимизации рисков.

Выводы. В целом проведенные исследования позволили сделать вывод об адекватности общей оценки ситуации на основе расчетных методов в среде геоинформационной системы. Базисом и основным условием качественной оценки является формирование максимально полной и корректной базы данных об источниках электромагнитного загрязнения города и их геокодирование с применением векторной карты территории.

В проведенном исследовании установлено, что наибольшие уровни электромагнитного загрязнения на исследованной территории краевого центра формируются на уровнях 18–25 метров над основанием зданий, что определяется спецификой размещения излучающих и принимающих антенн.

В зонах наибольшей расчетной плотности потока энергии на высотах 18–25 метров регистрируются превышения допустимых уровней ЭМП с кратностью до 4–6 раз, что требует настороженности относительно безопасности среды обитания для лиц, постоянно проживающих на исследованной территории.

Полученные данные предназначены для обоснования точек инструментальных измерений в рамках специальных исследований или социально-гигиенического мониторинга, а также для последующей оценки экспозиции и риска для здоровья. В рамках эпидемиологических исследований материалы могут быть использованы для сопряженного пространственного анализа уровней потока энергии и заболеваемости взрослых и детей болезнями, доказанно или вероятностно ассоциированными с электромагнитным излучением (лейкозы, менингиомы, болезни крови и т.п.).

Список литературы

1. Агеева А.А. Исследование электромагнитной обстановки от передающих объектов в г. Владивостоке с использованием геоинформационных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – Т. 122, № 9. – С. 244–246.
2. Балашов С.Ю., Бухаринов А.А. К проблеме риска для здоровья населения г. Перми в результате воздействия уровней ЭМИ // Экология города. – 2015. – С. 22–24.
3. Григорьев Ю.Г. Решение Международного агентства исследования рака (IARC): ЭМП мобильных телефонов как возможные канцерогены для рака мозга // Технологии живых систем. – 2011. – Т. 8, № 8. – С. 48–55.
4. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Сотовая связь и здоровье. Электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности: монография. – М.: Экономика, 2016. – 576 с.
5. К обоснованию точек контроля уровней электромагнитного излучения от передающих радиотехнических объектов для формирования программ социально-гигиенического мониторинга / И.В. Май, С.Ю. Балашов, С.А. Вековщина, С.В. Клейн // Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами: материалы Всероссийской научно-практ. конференции / под ред. д-ра мед. наук, проф. А.Ю. Поповой. – М., 2017. – С. 239–242.
6. Мобильная связь и здоровье детей: проблема третьего тысячелетия / Ю.Г. Григорьев, А.С. Самойлов, А.Ю. Бушманов, Н.И. Хорсева // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2017. – Т. 62, № 2. – С. 39–46.
7. Мовчан В.Н., Шмаков И.А. О влиянии базовых станций сотовой связи на экологическую ситуацию в крупном городе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 5–3. – С. 426–428.
8. Потапов А.А. Экологический мониторинг электромагнитных полей радиочастотного диапазона в условиях города с применением ГИС-технологий // Экология урбанизированных территорий. – 2010. – № 3. – С. 20–29.
9. Розенберг Г.С., Лифиренко Н.Г., Костина Н.В. Воздействие электромагнитного загрязнения на здоровье населения (на примере города Тольятти) // Экология урбанизированных территорий. – 2007. – № 4. – С. 21–24.
10. Тягунов Д.С. Техногенное электромагнитное поле как экологический фактор // Экология урбанизированных территорий. – 2011. – № 2. – С. 45–50.
11. Чеховский А.В., Анисимов Н.К., Маршалович А.С. Воздействие электромагнитных полей в городской урбосистеме и их негативное влияние на здоровье горожан [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. – 2013. – № 2. – С. 5. – URL: <http://www.nso-journal.ru> (дата обращения: 21.09.2017).
12. A case-control study on the association between environmental factors and the occurrence of acute leukemia among children in Klang Valley, Malaysia. Asian / H.I. Abdul Rahman, S.A. Shah, H. Alias, H.M. Ibrahim // Pac. J. Cancer. Prev. – 2008. – № 9. – P. 649–652.
13. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records / C. Baliatsas, J. Bolte, J. Yzermans, G. Kelfkens, M. Hooiveld, E. Lebret, I. Van Kamp // Int. J. Hyg. Environ. Health. – 2015. – Vol. 218. – P. 331–344.
14. Effect of Short-Term Mobile Phone Base Station Exposure on Cognitive Performance, Body Temperature, Heart Rate and Blood Pressure of Malaysians / F. Malek, K.A. Rani, H.A. Rahim, M.H. Omar // Sci. Rep. – 2015. – Vol. 5. – P. 13206.
15. Feasibility of a cohort study on health risks caused by occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields / J. Breckenkamp, G. Berg-Berckhoff, E. Munster, J. Schuz, B. Schlehofer, J. Wahrendorf, M. Blettner // Environ. Health. – 2009. – Vol. 29. – P. 8–23.
16. Impact of input data uncertainty on environmental exposure assessment models: A case study for electromagnetic field modeling from mobile phone base stations / J. Beekhuizen, G.B. Heuvelink, A. Huss, A. Burgi, H. Kromhout, R. Vermeulen // Environ. Res. – 2014. – Vol. 135. – P. 148–155.
17. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz: IEEE Std C95.1, 2005. – New York, 2006. – 250 p.
18. Mobile Telecommunication Base Stations – Exposure to Electromagnetic Fields, Report of a short Term Mission within COST 244 bis / U. Bergqvist, G. Friedrich, Y. Hamnerius, L. Martens, G. Neubauer, G. Thuroczy, E. Vogel, J. Wiart. – 2001. – 77 p.
19. Recent Research on EMF and Health Risk: Eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields: Research [Электронный ресурс]. – 2016. – 115 p. – URL: http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2016/SSM_Rapport_2016_15_webb_1.pdf (дата обращения: 21.09.2017).
20. Residential exposure to radiofrequency fields from mobile phone base stations and broadcast transmitters: a population-based survey with personal meter. Occup / J. Vielt, S. Clerc, C. Barrera, R. Rymzhanova, M. Moissonier, M. Hours, E. Cardis // Environ. Med. – 2009. – Vol. 66, № 8. – P. 550–556.
21. Stam R. Electromagnetic fields and the blood-brain barrier // Brain. Res. Rev. – 2010. – Vol. 65, № 1. – P. 80–97. DOI: 10.1016/j.brainresrev.2010.06.001

22. Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" // Health Phys. – 2009. – Vol. 97, № 3. – P. 257–258. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181aff9db.

23. The effects of 2100-MHz radiofrequency radiation on nasal mucosa and mucociliary clearance in rats / F. Aydogan, E. Aydin, G. Koca, E. Ozgur, P. Atilla, A. Tuzuner, I.S. Demirc, A. Tomruk, G.G. Ozturk, N. Seyhan, M. Korkmaz, S. Muftuoglu, E.E. Samim // Int. Forum Allergy. Rhinol. – 2015. – № 5. – P. 626–632.

24. The effects of electromagnetic fields on the number of ovarian primordial follicles: An experimental study / M. Bakacak, M.S. Bostanci, R. Attar, O.K. Yildirim, G. Yildirim, Z. Bakacak, H. Sayar, A. Han // Kaohsiung J. Med.Sci. – 2015. – Vol. 31. – P. 287–292.

25. Valberg P., van Deventer T.E., Repacholi M.H. Workgroup Report: Base Stations and Wireless Networks: Radiofrequency (RF) Exposures and Health Consequences // Environmental Health Perspectives. – 2007. – Vol. 115, № 3. – P. 416–424.

26. Van Deventer E., Foster K. Risk Assessment and Risk Communication for Electromagnetic Fields: A World Health Organization Perspective, chapter in book The Role of Evidence in Risk Characterization: Making Sense of Conflicting Data / P. Wiedemann and H. Schütz, eds. – WILEY-VCH, 2008. – P. 13–24.

27. Van Deventer E., van Rongen E., Saunders R. WHO Research Agenda for Radiofrequency Fields // Bioelectromagnetics. – 2011. – Vol. 32, № 5. – P. 417–421. DOI: 10.1002/bem.20660.

28. Van Deventer T.E., Simunic D., Repacholi M.H. EMF standards for human health // Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields: Handbook / 3rd ed. In: F. Barnes, B. Greenebaum, eds. – 2007. – P. 314–329.

К оценке уровня электромагнитного поля (300 ГГц – 300 МГц) в крупном промышленном центре на базе 3d-моделирования и инструментальных измерений / И.В. Май, С.Ю. Балашов, С.А. Вековшинина, М.А. Кудря // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 21–30. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.03

UDC 504.6:614

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.03.eng

ON ASSESSING ELECTROMAGNETIC FIELD (300 KMHZ – 300MHZ) IN A LARGE INDUSTRIAL CITY ON THE BASIS OF 3D MODELING AND INSTRUMENTAL MEASURING

I.V. May¹, S.Yu. Balashov¹, S.A. Vekovshinina¹, M.A. Kudrya²

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

²Sanitary and Epidemiology Center, 13, build. 1, Akademika Korolyova Str., Moscow 129115 Russian Federation

The article dwells on issues of modeling electromagnetic fields levels (EMF with frequency equal to 300 KMHZ - 300 MHZ which are created by television and radio broadcasting objects, radiolocation, and mobile communication in a large regional center, in geoinformation system environment. Our task was to estimate EMF levels on areas where apartment blocks were located; to assess energy flows at various floors, to determine zones in a city as per EMF levels; to verify the obtained results with the direct factor measuring. Our calculation included data on 2,011 EMF sources located on a city territory. We allowed for bulk parameters of 31,949 buildings including 17,307 apartment blocks, 3,160 administrative buildings, 307 pre-school children facilities and 105 secondary schools. We performed our calculations in city coordinate system at 109 thousand points. Each calculation created a picture of EMF spread in a plane at a set height which allowed us to determine exposure level at a control point as per "slice" results and to build up a 3D contamination model. Approximately 80% of all the calculated results had EMF parameters within 0.1-10 safety criterion range. We spotted zones with maximum calculated EMF levels at 18-25 meters. Instrumental research proved

© May I.V., Balashov S.Yu., Vekovshinina S.A., Kudrya M.A., 2017

Irina V. May – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director for Research (e-mail: may@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-47).

Stanislav Yu. Balashov – Head of Laboratory for Complex Sanitary-hygienic analysis techniques and inspections (e-mail: stas@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04).

Svetlana A. Vekovshinina – Head of Laboratory for conformity assessment techniques and consumer inspections (e-mail: veksa@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04).

Mikhail A. Kudrya – Director (tel.: +7 (495) 643-24-29).

high factor levels in these zones including those where levels exceeded safety criterion 4-6 times; it makes for certain vigilance in judgments on environmental safety for people who live on the examined territory permanently. The obtained data can be used for foundation of instrumental research points within the frameworks of specific research or social-hygienic monitoring as well as for consequent exposure and health risk assessment. The materials can be used in epidemiologic research for conjugate spatial analysis of energy flows and children and adults mortality.

Key words: electromagnetic field, health risk factor, spatial modeling.

References

1. Ageeva A.A. Issledovanie elektromagnitnoi obstanovki ot peredayushchikh ob'ektov v g. Vladivostoke s ispol'zovaniem geoinformatsionnykh system [Investigation of the lectromagnetic environment from passed object in vladivostok with the use of gis systems]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*, 2011, vol. 122, no. 9, pp. 244–246 (in Russian).
2. Balashov S.Yu., Bukharinov A.A. K probleme riska dlya zdorov'ya naseleniya g. Permi v rezul'tate vozdeistviya urovnei EMI [On issues of population health risk in Perm [caused by exposure to E-field radiation]. *Ekologiya goroda*, 2015, pp. 22–24 (in Russian).
3. Grigor'ev Yu.G. Reshenie mezhdunarodnogo agentstva issledovaniya raka (IARC): EMP mobil'nykh telefonov kak vozmozhnye kantserogeny dlya raka mozga [Decision of the international agency for research on the cancer (IARC): electromagnetic fields of vobile phones as possibly carcinogenic to cancer of brain]. *Tekhnologii zhivyykh sistem*, 2011, vol. 8, no. 8, pp. 48–55 (in Russian).
4. Grigor'ev Yu.G., Grigor'ev O.A. Sotovaya svyaz' i zdorov'e. Elektromagnitnaya obstanovka. Radiobiologicheskie i gigienicheskie problemy. Prognoz opasnosti: monografiya [Mobile communication and health. Electromagnetic situation. Radiobiological and hygienic problems. Danger forecast: a monograph]. Moscow, *Ekonomika, Publ.*, 2016, 576 p. (in Russian).
5. May I.V., Balashov S.Yu., Vekovshina S.A., Kleyn S.V. K obosnovaniyu tochek kontrolya urovnei elektromagnitnogo izlucheniya ot peredayushchikh radiotekhnicheskikh ob'ektov dlya formirovaniya programm sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa [On foundation of points for control over electromagnetic radiation from broadcasting objects used in creation of social-hygienic monitoring programs]. *Aktual'nye voprosy organizatsii kontrolya i nadzora za fizicheskimi faktorami: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakt. konferentsii [Vital issues of surveillance and control over physical factors: materials of Russian theoretical and practical conference]*. In: A.Yu. Popova, ed. Moscow, 2017, pp. 239–242 (in Russian).
6. Grigor'ev Yu.G., Samoilov A.S., Bushmanov A.Yu., Khorseva N.I. Mobil'naya svyaz' i zdorov'e detei: problema tret'ego tysyacheletiya [Cellular Connection and the Health of Children - Problem of the Third Millennium]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*, 2017, vol. 62, no. 2, pp. 39–46 (in Russian).
7. Movchan V.N., Shmakov I.A. O vliyaniy bazovykh stantsii sotovoi svyazi na ekologicheskuyu situatsiyu v krupnom gorode [About the influence of the cellular base stations on the ecological situation in a large city]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016, no. 5-3, pp. 426–428 (in Russian).
8. Potapov A.A. Ekologicheskii monitoring elektromagnitnykh polei radiochastotnogo diapazona v usloviyakh goroda s primeneniem GIS-tehnologii [Environmental monitoring of radio frequency electromagnetic fields in an urban environment with the use of geospatial technologies]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*, 2010, no. 3, pp. 20–29 (in Russian).
9. Rozenberg G.S., Lifirenko N.G., Kostina N.V. Vozdeistvie elektromagnitnogo zagryazneniya na zdorov'e naseleniya (na primere goroda Tol'yatti) [Urbanization and socium The influence of electromagnetic pollution upon the health of the citizents (at the example of the city of Togliatti)]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*, 2007, no. 4, pp. 21–24.
10. Tyagunov D.S. Tekhnogennoe elektromagnitnoe pole kak ekologicheskii faktor [Anthropogenic electromagnetic field as an ecological factor]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*, 2011, no. 2, pp. 45–50.
11. Chekhovskii A.V., Anisimov N.K., Marshalovich A.S. Vozdeistvie elektromagnitnykh polei v gorodskoi urbosisteme i ikh negativnoe vliyanie na zdorov'e gorozhan [Exposure to electromagnetic waves in the urban environment and their negative influence on the health of urban residents]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie*, 2013, no. 2, pp. 5. Available at: <http://www.nso-journal.ru> (21.09.2017).
12. Abdul Rahman H.I., Shah S.A., Alias H., Ibrahim H.M. A case-control study on the association between environmental factors and the occurrence of acute leukemia among children in Klang Valley, Malaysia. *Asian. Pac J. Cancer. Prev.*, 2008, no. 9, pp. 649–652.
13. Baliatsas C., Bolte J., Yzermans J., Kelfkens G., Hooiveld M., E. Lebet, Van Kamp I. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2015, vol. 218, pp. 331–344.

14. Malek F., Rani K.A., Rahim H.A., Omar M.H. Effect of Short-Term Mobile Phone Base Station Exposure on Cognitive Performance, Body Temperature, Heart Rate and Blood Pressure of Malaysians. *Sci. Rep.*, 2015, vol. 5, pp. 13206.
15. Breckenkamp J., Berg-Berckhoff G., Munster E., Schuz J., Schlehofer B., Wahrendorf J., Blettner M. Feasibility of a cohort study on health risks caused by occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields. *Environ. Health*, 2009, vol. 29, pp. 8–23.
16. Beekhuizen J., Heuvelink G.B., Huss A., Burgi A., Kromhout H., Vermeulen R. Impact of input data uncertainty on environmental exposure assessment models: A case study for electromagnetic field modeling from mobile phone base stations. *Environ. Res.*, 2014, vol. 135, pp. 148–155.
17. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz: IEEE Std C95.1, 2005. New York, 2006, 250 p.
18. Bergqvist U., Friedrich G., Hamnerius Y., Martens L., Neubauer G., Thuroczy G., Vogel E., Wiart J. Mobile Telecommunication Base Stations – Exposure to Electromagnetic Fields, Report of a short Term Mission within COST 244 bis. 2001, 77 p.
19. Recent Research on EMF and Health Risk: Eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields: Research. 2016, 115 p. Available at: http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2016/SSM_Rapport_2016_15_webb_1.pdf (21.09.2017).
20. Vielt J., Clerc S., Barrera C., Rymzhanova R., Moissonier M., Hours M., Cardis E. Residential exposure to radiofrequency fields from mobile phone base stations and broadcast transmitters: a population-based survey with personal meter. *Occup. Environ. Med.*, 2009, vol. 66, no. 8, pp. 550–556.
21. Stam R. Electromagnetic fields and the blood-brain barrier. *Brain. Res. Rev.*, 2010, vol. 65, no. 1, pp. 80–97. DOI:10.1016/j.brainresrev.2010.06.001
22. Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)". *Health Phys.*, 2009, vol. 97, no. 3, pp. 257–258. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181aff9db
23. Aydogan F., Aydin E., Koca G., Ozgur E., Atilla P., Tuzuner A., Demirc I.S., Tomruk A., Ozturk G.G., Seyhan N., Korkmaz M., Muftuoglu S., Samim E.E. The effects of 2100-MHz radiofrequency radiation on nasal mucosa and mucociliary clearance in rats. *Int. Forum. Allergy. Rhinol.*, 2015, no. 5, pp. 626–632.
24. Bakacak M., Bostanci M.S., Attar R., Yildirim O.K., Yildirim G., Bakacak Z., Sayar H., Han A. The effects of electromagnetic fields on the number of ovarian primordial follicles: An experimental study. *Kaohsiung J. Med. Sci.*, 2015, vol. 31, pp. 287–292.
25. Valberg P., van Deventer T.E., Repacholi M.H. Workgroup Report: Base Stations and Wireless Networks: Radiofrequency (RF) Exposures and Health Consequences. *Environmental Health Perspectives*, 2007, vol. 115, no. 3, pp. 416–424.
26. Van Deventer E., Foster K. Risk Assessment and Risk Communication for Electromagnetic Fields: A World Health Organization Perspective, chapter in book *The Role of Evidence in Risk Characterization: Making Sense of Conflicting Data*. In: P. Wiedemann and H. Schütz, eds. WILEY-VCH, 2008, pp. 13–24.
27. Van Deventer E., van Rongen E., Saunders R. WHO Research Agenda for Radiofrequency Fields. *Bioelectromagnetics*, 2011, vol. 32, no. 5, pp. 417–421. DOI: 10.1002/bem.20660
28. Van Deventer T.E., Simunic D., Repacholi M.H. EMF standards for human health. *Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields: Handbook*; 3rd ed. In: F. Barnes, B. Greenebaum, eds. 2007, pp. 314–329.

May I.V., Balashov S.Yu., Vekovshina S.A., Kudrya M.A. On assessing electromagnetic field (300 kHz – 300MHz) in a large industrial city on the basis of 3d modeling and instrumental measuring. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 3, pp. 21–30. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.03.eng

Получена: 08.06.2017
Принята: 16.08.2017
Опубликована: 30.09.2017

УДК 616.1: 57.087

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.04

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА И ДЕРЕВЬЕВ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПОПУЛЯЦИОННОГО РИСКА ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

С.А. Максимов, Д.П. Цыганкова, Г.В. Артамонова

Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6

Цель исследования состояла в проведении сравнительного анализа применения регрессионного анализа и деревьев классификации для расчета дополнительного популяционного риска на примере ишемической болезни сердца (ИБС). Объектом исследования являлась случайная популяционная выборка мужского и женского взрослого населения в возрасте 25–64 лет, проживающего в Кемеровской области (1628 человек), в рамках многоцентрового эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ. В качестве факторов риска ИБС рассматривались показатели липидного обмена, артериальная гипертензия, факторы образа жизни, психоэмоциональные особенности, социальные показатели. Оценка наличия ИБС проводилась по сумме трех эпидемиологических критериев: на основе кодирования ЭКГ-изменений по Миннесотскому коду, опросника Rose и инфаркта миокарда в анамнезе. Расчет дополнительного популяционного риска ИБС, обусловленного факторами риска, проводился по единым оригинальным алгоритмам, но с помощью разных методов статистического анализа: логистического регрессионного анализа и деревьев классификации.

По факторам риска построены математические модели вероятности ИБС с прогностической значимостью для логистического регрессионного анализа 83,8 %, деревьев классификации – 71,9 %. Используемые методы статистического анализа показывают разные значения вклада факторов риска в показатели распространенности ИБС, что следует из отсутствия корреляционной связи между ними.

По обоим методам статистического анализа дополнительный к популяционному риск ИБС, обусловленный нагрузкой факторами риска, в половозрастных группах изменяется с отрицательных значений в возрастных группах до 45 лет включительно до положительных значений у лиц более старшего возраста. Увеличение дополнительного риска ИБС в возрастных группах по обоим методам практически линейное, с небольшими отклонениями. Разница дополнительного популяционного риска, рассчитанного по двум методам статистического анализа, незначительная, как правило, не превышает 1,5 %. Следовательно, оба метода показывают схожие результаты и могут в равной степени использоваться при расчете популяционного риска ИБС.

Ключевые слова: регрессионный анализ, фактор риска, ишемическая болезнь сердца, популяционный риск, прогностические модели, методы статистического анализа.

Многофакторность этиологии сердечно-сосудистых заболеваний определяет необходимость рассмотрения вероятности их развития и неблагоприятных исходов с помощью интегральных моделей оценки рисков, включающих в себя несколько основных факторов. В большинстве случаев у одного респондента возможно сочетание двух факторов риска и более, а прогноз развития и течения сердечно-сосудистых заболеваний значительно хуже при сочетании нескольких, даже умеренно выраженных факторов риска [8, 9, 12]. В частности, ис-

следование PROCAM показало, что сочетание двух и более факторов риска развития нарушений функций сердечно-сосудистой системы приводит к значительному увеличению количества инцидентов внезапной смерти и инфаркта миокарда [11, 13]. Это послужило появлению понятия «суммарный сердечно-сосудистый риск» [8]. Модели прогнозирования индивидуального риска давно вошли в рутинную практику кардиологов, помогая принимать решения о средствах и методах профилактики, назначении, отказе или интенсификации меди-

© Максимов С.А., Цыганкова Д.П., Артамонова Г.В., 2017

Максимов Сергей Алексеевич – кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний (e-mail: m1979sa@yandex.ru; тел. 8 (3842) 64-42-40).

Цыганкова Дарья Павловна – научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний, очный аспирант кафедры кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии (e-mail: cigadp@kemcardio.ru; тел. 8 (3842) 64-34-71).

Артамонова Галина Владимировна – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научным вопросам, заведующий отделом оптимизации медицинских технологий при сердечно-сосудистых заболеваниях (e-mail: artamonova@kemcardio.ru; тел. 8 (3842) 64-45-73).

каментозной терапии [11, 13, 14]. К настоящему времени разработано большое количество моделей прогнозирования индивидуального риска, включая такие широко известные, как Фремингемская шкала, SCORE, PROCAM и другие, а также их многочисленные модификации [1, 2, 10, 11, 13, 14].

Оценка популяционного риска сердечно-сосудистых заболеваний применяется, как правило, в эпидемиологических исследованиях и направлена на моделирование и прогнозирование на уровне популяции или субпопуляции (регионы, группы населения) [4]. На практике моделирование популяционных закономерностей достаточно часто используется для решения задач системы здравоохранения, например, оценки эффективности разных подходов лечения и профилактики [3, 4, 15].

Разработанные нами подходы к оценке популяционного риска методологически перекликаются со шкалами индивидуального сердечно-сосудистого риска [5]. В последнем случае объектом анализа являются индивиды, а наличие у них факторов риска (например, курение) и их количественные характеристики (например, возраст, уровень артериального давления) интегрируются в итоговое прогностическое значение сердечно-сосудистого риска. При оценке популяционного риска объектом исследования являются группы населения, распространенность факторов сердечно-сосудистого риска у которых может в значительной степени отличаться вследствие гетерогенности по медико-демографическим, национальным, географическим, социально-экономическим и другим особенностям. В этом случае интегрирование популяционного риска основывается на анализе как различий распространенности факторов риска, так и оценке их вклада в изучаемые сердечно-сосудистые события.

Применение разработанных нами методических подходов позволило комплексно охарактеризовать бремя факторов сердечно-сосудистого риска (17 факторов) в 14 профессиональных группах с различными условиями труда [6]. Анализ популяционного риска ишемической болезни сердца (ИБС) на основе интегральной оценки 12 факторов риска позволил выявить половозрастные и социально-экономические закономерности изучаемого заболевания [5, 7]. В этих исследованиях для оценки вклада факторов риска в распространенность изучаемых заболеваний применялись деревья классификации. Вследствие того, что данный метод

статистического анализа достаточно сложен в применении и не слишком распространен в биомедицинских исследованиях, необходимо оценить возможность использования других методов.

Цель исследования – сравнительный анализ применения регрессионного анализа и деревьев классификации для расчета дополнительной популяционного риска на примере ИБС.

Материалы и методы. Работа выполнена в рамках многоцентрового эпидемиологического исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в Российской Федерации» (ЭССЕ-РФ) в Кемеровской области. Объектом исследования явилась случайная популяционная выборка мужского и женского взрослого населения в возрасте 25–64 лет, проживающего в Кемеровской области. Объем выборки составил 1628 человек, из них 700 мужчин (43,0 %) и 928 женщин (57,0 %).

Исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежущей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

В качестве факторов риска ИБС рассматривались показатели липидного обмена, артериальная гипертензия, факторы образа жизни, психоэмоциональные особенности, социальные показатели (низкий уровень дохода, отсутствие высшего образования, семьи, работы).

В соответствии с классификацией ВОЗ под ожирением подразумевали индекс Кетле свыше 30 кг/м^2 . Артериальная гипертензия классифицировалась по критериям ВОЗ/МОГ (1999) при систолическом артериальном давлении не менее 140 мм рт. ст. и диастолическом артериальном давлении не менее 90 мм рт. ст., а также при нормальных значениях на фоне приема гипотензивных препаратов.

Гиперхолестеринемия классифицировалась при концентрации общего холестерина более 5,0 ммоль/л, гипертриглицеридемия – триглицеридов более 1,7 ммоль/л, высокий уровень липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) – при значениях более 3,0 ммоль/л, низкий уровень липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) – при значениях менее 1,0 ммоль/л, гипергликемия натощак – глюкозы более 5,6 ммоль/л.

Для оценки уровня депрессии использовали валидизированную в России госпитальную шкалу тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale – HADS), для определения восприимчивости к стрессу – шкалу Perceived Stress Scale. По полученным порядковым рядам рассчитывали 75-й перцентиль, значения выше рассматривались как фактор риска: по шкале депрессии – 8 баллов и выше, по уровню стресса – 5 баллов и выше.

Оценка наличия ИБС проводилась по сумме трех эпидемиологических критериев: на основе кодирования ЭКГ-изменений по Миннесотскому коду, опросника Rose (стенокардия напряжения) и инфаркта миокарда в анамнезе.

Расчет дополнительного популяционного риска ИБС, обусловленного факторами риска, проводился по единым алгоритмам, но с помощью разных методов статистического анализа.

На первом этапе рассчитан вклад изучаемых факторов риска в значения распространенности ИБС по всей выборке. Для этой цели в первом случае применялся логистический регрессионный анализ, во втором – деревья классификации. При использовании логистического регрессионного анализа для устранения возможного модифицирующего влияния пола и возраста их также вводили в анализ. В качестве показателя вклада фактора риска в распространенность ИБС оценивались значения B -коэффициента.

При использовании деревьев классификации применялся метод дискриминантного одномерного ветвления для категориальных и порядковых предикторов. В качестве критериев точности прогноза взяты равные цены неправильной классификации объектов и априорные вероятности, пропорциональные размерам классов зависимой переменной. Остановка ветвления производилась по правилу отсекающего по ошибке классификации, при этом минимальное число неправильно классифицируемых объектов принималось равным 12, величина стандартной ошибки – 1,0. В качестве показателя вклада фактора риска в распространенность ИБС использовались значения рангов значимости предикторов.

Далее расчет проводился по единой схеме. Рассчитывалась распространенность факторов риска в половозрастных группах и в целом по выборке. Нагрузка факторами риска ИБС рассчитывалась как сумма произведений распространенности факторов риска с их вкладом в риск развития ИБС по формуле

$$P = \sum(RC)_{n}, \quad (1)$$

где P – нагрузка факторами риска ИБС; R – распространенность фактора риска, %; C – вклад фактора риска в значения распространенности ИБС.

Далее рассчитывалась разница нагрузки факторами риска в половозрастных группах по сравнению с общей выборкой по формуле

$$\Delta P = P_{гр.} - P_{в.}, \quad (2)$$

где ΔP – разница нагрузки факторами риска в половозрастных группах по сравнению с общей выборкой по формуле; $P_{гр.}$ – нагрузка факторами риска в половозрастных группах; $P_{в.}$ – нагрузка факторами риска в общей выборке.

На следующем этапе с помощью линейного регрессионного анализа определена ассоциация частоты ИБС со значениями нагрузок факторами риска в половозрастных группах. По полученному в ходе линейного регрессионного анализа B -коэффициенту разница нагрузок факторами риска в половозрастных группах переводилась в значения популяционного риска по формуле

$$P\% = \Delta P B, \quad (3)$$

где $P\%$ – дополнительный к популяционному риск ИБС, обусловленный факторами риска, %; B – B -коэффициент связи частоты ИБС с нагрузкой факторами риска в линейном регрессионном анализе.

Критическим уровнем статистической значимости и p -уровнем для выбора переменной ветвления (для деревьев классификации) принимались значения 0,05.

Результаты и их обсуждение. По результатам логистического регрессионного анализа статистически значимые (либо приближающиеся к таковым, $0,1 > p > 0,05$) ассоциации с ИБС, с учетом возраста и пола, наблюдаются по факторам риска: гипертензия, гипертриглицеридемия, гипергликемия, ожирение, сахарный диабет, курение, стресс, депрессия, отсутствие высшего образования и работы. Для дальнейшего анализа использовались только данные факторы риска.

В табл. 1 представлены B -коэффициенты по регрессионному анализу (от 0,046 – гипергликемия до 0,491 – сахарный диабет) и ранги по деревьям классификации (от 20 – у курения до 100 – у ожирения) выбранных факторов риска, которые далее использовались в расчете нагрузки факторами риска по формуле (1) по двум методам. Необходимо отметить, что про-

Таблица 1

Влияние факторов риска на вероятность ИБС по данным регрессионного анализа (с учетом пола и возраста) и значения рангов по данным деревьев классификации

Фактор риска	ОШ	95%-ный ДИ	<i>p</i> -уровень	В-коэфф.	Ранг
Гипертензия	1,28	0,97–1,70	0,082	0,118	68
Гиперхолестеринемия	0,89	0,67–1,18	0,41	–	–
Гипертриглицеридемия	1,66	1,22–2,25	0,0013	0,355	80
Высокие уровни ЛПНП	0,92	0,68–1,24	0,58	–	–
Низкие уровни ЛПВП	0,72	0,21–2,49	0,61	–	–
Гипергликемия	1,37	0,99–1,90	0,060	0,046	85
Ожирение	1,49	1,13–1,97	0,0048	0,260	100
Сахарный диабет	1,96	1,13–3,41	0,016	0,491	81
Курение	1,59	1,16–2,16	0,0036	0,359	20
Низкая физическая активность	0,97	0,70–1,34	0,83	–	–
Стресс	1,56	1,15–2,11	0,0042	0,311	74
Депрессия	1,88	1,39–2,55	0,000049	0,402	47
Доход	0,98	0,65–1,47	0,91	–	–
Образование	1,57	1,17–2,11	0,0026	0,292	71
Работа	1,40	1,04–1,88	0,028	0,170	83
Семья	1,02	0,76–1,37	0,89	–	–

гностическая значимость математической модели вероятности ИБС по сумме факторов риска, построенной с помощью логистического регрессионного анализа, составляет 83,8 %, с помощью деревьев классификации – 71,9 %.

Между значениями В-коэффициентов и рангами значимости факторов риска отсутствует статистически значимая связь, коэффициент корреляции составляет –0,32 при $p = 0,37$. Следовательно, разные методы статистического анализа дают разные значения вклада изучаемых факторов риска в показатели распространенности ИБС.

В табл. 2 и 3 представлена распространенность факторов риска и ИБС в половозрастных группах и в целом по выборке. В общей выборке распространенность факторов риска составляет от 3,9 % (сахарный диабет) до 60,7 % (отсутствие высшего образования). Распространенность ИБС в целом по выборке достигает 16,8 %, у мужчин – 13,5 %, у женщин – 19,2 %.

Рассчитанная нагрузка факторами риска по формуле (1) и разница нагрузки в половозрастных группах по сравнению с общей выборкой по формуле (2) по двум методам приведены в табл. 2 и 3. Нагрузка факторами риска, рассчитанная с помощью логистического регрессионного анализа, достигает в общей выборке 71,8, у мужчин – 72,0, у женщин – 71,7. С возрастом данная нагрузка закономерно увеличивается с 49,6 до 93,8 у мужчин и с 45,6 до 97,0 у женщин.

Аналогичные закономерности наблюдаются по нагрузке факторами риска, рассчитанной с помощью деревьев классификации. В общей выборке нагрузка составляет 19 459,6, у мужчин – 18 831,7, у женщин – 19 947,0. С возрастом нагрузка увеличивается с 10 570,0 до 28 512,9 у мужчин и с 10 250,0 до 30 457,8 у женщин.

Построенные с помощью линейного регрессионного анализа математические модели показали, что нагрузки факторами риска объясняют на 62,6 % (логистическая регрессия) и на 71,7 % (деревья классификации) частоту ИБС в половозрастных группах. Полученные по данным моделям В-коэффициенты регрессии использовались для перевода разницы нагрузок факторами риска в значения популяционного риска по формуле (3).

При использовании логистического регрессионного анализа В-коэффициент равен 0,4345, при использовании деревьев классификации – 0,0012.

Дополнительный к популяционному риск ИБС, обусловленный факторами риска, рассчитанный по формуле (3), представлен на рис. 1 (a – регрессионный анализ; b – деревья классификации). По обоим методам дополнительный риск в младших возрастных группах (до 46 лет) ниже популяционного от –2 до –11 %, после 45 лет достигает значений выше популяционных от 0,5 до 13,0 %. Увеличение дополнительного риска ИБС в возрастных группах практически линейное, с небольшими откло-

Таблица 2

Распространенность факторов риска, ИБС и нагрузка факторами риска в возрастных группах мужчин и в общей выборке

Фактор риска	Возрастная группа, лет (n)								Все мужчины, (700)	Вся выборка
	до 30 (86)	31–35 (85)	36–40 (88)	41–45 (65)	46–50 (98)	51–55 (94)	56–60 (107)	61–65 (77)		
Гипертензия, %	20,9	37,6	44,3	56,9	51,0	69,1	61,7	71,4	51,7	43,3
Гипертриглицеридемия, %	14,1	17,6	21,8	24,6	25,5	25,5	27,4	23,7	22,7	20,3
Гипергликемия, %	8,2	7,1	11,5	7,7	17,3	28,7	22,6	43,4	18,5	17,2
Ожирение, %	12,9	22,3	21,6	35,4	36,7	35,5	34,6	37,7	29,7	35,2
Сахарный диабет, %	1,2	0,0	0,0	0,0	4,1	5,3	4,7	14,7	3,7	3,9
Курение, %	47,7	47,1	46,6	47,7	50,0	48,9	43,0	33,8	45,7	30,5
Стресс, %	10,5	15,3	12,5	9,2	13,3	11,7	14,0	16,9	13,0	22,6
Депрессия, %	8,1	11,8	10,2	9,2	13,3	13,8	16,8	27,3	13,9	19,0
Образование, %	43,0	51,8	61,4	55,4	70,4	71,3	63,6	63,6	60,6	60,7
Работа, %	9,3	9,4	9,1	7,7	16,3	26,6	32,1	64,9	22,0	25,4
ИБС, %	3,5	3,5	5,9	9,2	10,3	22,3	21,5	30,3	13,5	16,8
Нагрузка 1	49,6	59,9	63,3	66,2	78,2	82,4	79,9	93,8	72,0	71,8
Разница 1	-22,2	-11,9	-8,5	-5,6	6,4	10,6	8,1	22,0	0,2	0
Нагрузка 2	10570	13885,1	15345	16671,4	19941,2	22920,1	22014,8	28512,9	18831,7	19459,6
Разница 2	-8889,6	-5574,5	-4114,6	-2788,6	481,6	3460,5	2555,2	9053,3	-627,9	0,0

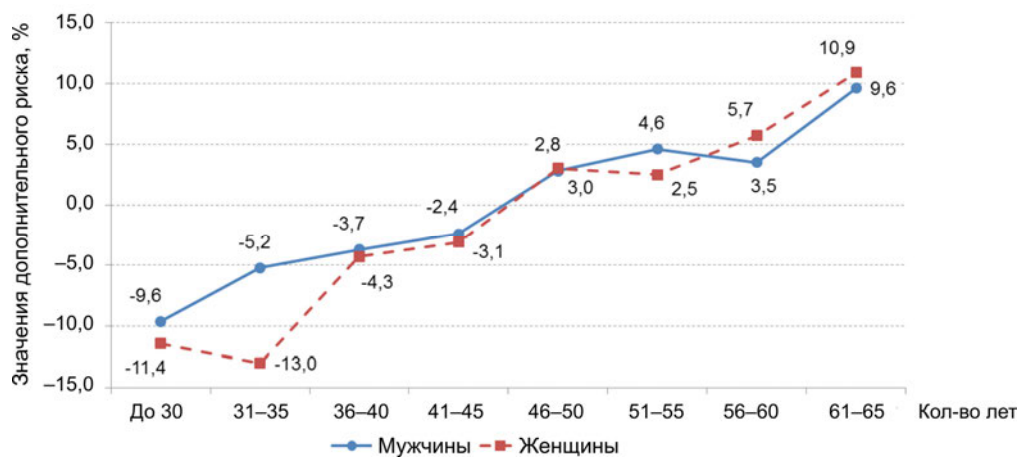
Таблица 3

Распространенность факторов риска, ИБС и нагрузка факторами риска в возрастных группах женщин

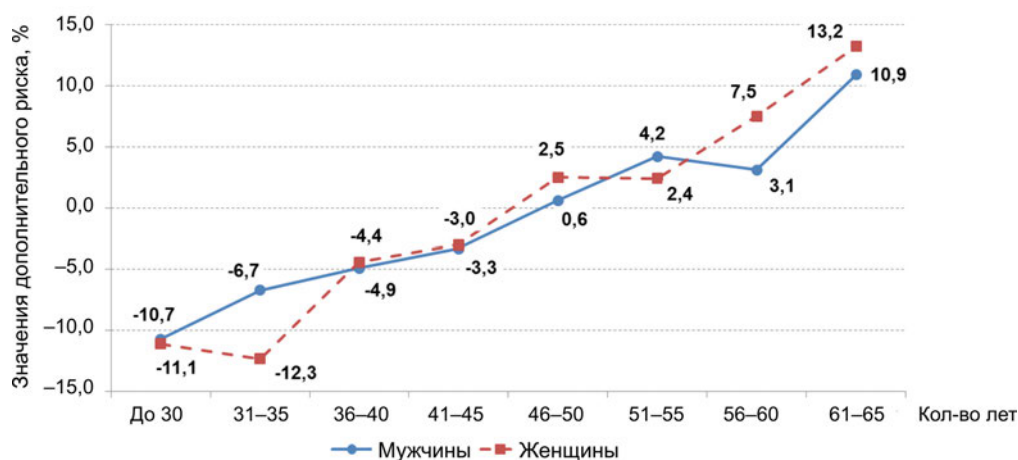
Факторы риска	Возрастная группа, лет (n)								Все женщины (928)
	до 30 (97)	31–35 (97)	36–40 (86)	41–45 (91)	46–50 (112)	51–55 (159)	56–60 (170)	61–65 (116)	
Гипертензия, %	10,3	8,2	18,6	30,8	42,0	50,3	52,3	57,8	37,2
Гипертриглицеридемия, %	5,2	9,3	9,3	17,6	26,4	23,4	20,4	28,1	18,5
Гипергликемия, %	0,0	2,1	12,8	13,2	15,5	15,8	26,9	32,5	16,2
Ожирение, %	9,3	14,4	27,9	41,8	46,4	44,9	50,6	61,2	39,4
Сахарный диабет, %	0,0	0,0	1,2	2,2	2,7	5,1	6,5	10,6	4,0
Курение, %	26,8	29,9	29,1	26,4	17,9	17,0	10,0	6,9	19,0
Стресс, %	26,8	26,8	29,4	27,8	36,6	28,9	31,4	29,3	29,8
Депрессия, %	11,3	7,2	17,4	17,6	23,2	28,9	31,8	31,9	22,8
Образование, %	48,5	33,0	59,3	51,6	71,4	63,5	69,4	76,7	60,9
Работа, %	20,6	12,4	24,4	11,0	14,3	18,9	44,7	63,7	27,9
ИБС, %	4,1	14,6	13,2	15,4	18,0	25,2	26,5	25,2	19,2
Нагрузка 1	45,6	41,8	62,0	64,6	78,8	77,6	85,0	97,0	71,7
Разница 1	-26,2	-30,0	-9,8	-7,2	7	5,8	13,2	25,2	-0,1
Нагрузка 2	10250	9211,9	15794,9	16971,6	21557,3	21452,6	25717,1	30457,8	19947
Разница 2	-9209,6	-10247,7	-3664,7	-2488	2097,7	1993	6257,5	10998,2	487,4

нениями: у женщин снижение риска в 31–35 и в 51–55 лет, у мужчин – в 56–60 лет по сравнению с предыдущей возрастной группой. При этом отклонения от линейности увеличения дополнительного риска ИБС с возрастом наблюдается по обоим методам – и при использовании логистического регрессионного анализа, и деревьев классификации.

Между значениями дополнительного популяционного риска, рассчитанного с помощью регрессионного анализа и с помощью деревьев классификации, определяется статистически значимая ($p < 0,05$) сильная положительная связь, коэффициент корреляции равен 0,99. Разница дополнительного популяционного риска незначительная, колеблется от 0,1 до 2,3 %; в большин-

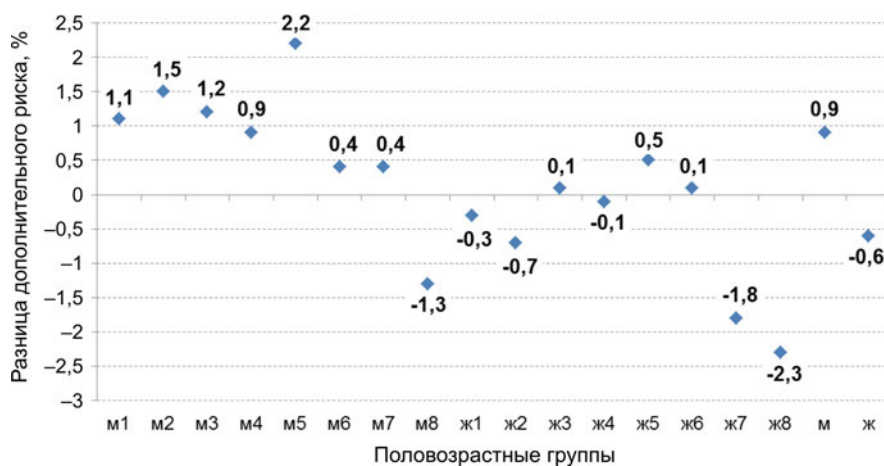


а



б

Рис. 1. Дополнительный к популяционному риск ИБС, обусловленный факторами риска: а – регрессионный анализ; б – деревья классификации



Примечание: м – мужчины, ж – женщины, 1 – до 30 лет, 2 – 31–35 лет, 3 – 36–40 лет, 4 – 41–45 лет, 5 – 46–50 лет, 6 – 51–55 лет, 7 – 56–60 лет, 8 – 61–65 лет.

Рис. 2. Разница дополнительного популяционного риска, рассчитанного по двум методам статистического анализа

стве половозрастных групп разница не превышает 1,5 % (рис. 2). Максимальные различия отмечаются среди женщин в возрасте 61–65 лет, мужчин 46–50 лет и женщин 56–60 лет.

Выводы. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что оба используемых метода статистической обработки данных позволяют проводить комплексную оценку факторов риска ИБС на достаточно высоком прогностическом уровне. Прогностическая значимость математической модели при использовании логистического регрессионного анализа составляет 83,8 %, с помощью деревьев классификации – 71,9 %. В то же время два используемых метода статистического анализа дают разные значения вклада изучаемых факторов риска в показатели распространенности ИБС, что следует из отсутствия статистически значимой связи между значениями В-коэффициентов и рангами значимости факторов риска.

Полученные данные позволяют рассчитывать нагрузку факторами рисками. При этом по обоим методам (регрессионный анализ и деревья классификации) разница нагрузки в половозрастных группах по сравнению с общей выборкой изменяется с отрицательных значений в возрастных группах до 45 лет включительно

до положительных значений у лиц более старшего возраста. Аналогичным образом изменяется дополнительный к популяционному риск ИБС, обусловленный нагрузкой факторами риска. Увеличение дополнительного риска ИБС в возрастных группах по обоим методам практически линейное, с небольшими отклонениями. Если у лиц обоего пола до 30 лет дополнительный риск ИБС ниже популяционного на 9,6–11,4 %, то к 50 годам он начинает превышать популяционный (на 0,6–2,8 %), а к 65 годам превышение достигает максимальных значений (на 9,6–13,2 %).

Несмотря на то что разные методы статистического анализа дают разные значения вклада изучаемых факторов риска в показатели распространенности ИБС, между значениями дополнительного популяционного риска, рассчитанного с помощью регрессионного анализа и с помощью деревьев классификации, связь статистически значимая сильная. Разница дополнительного популяционного риска, рассчитанного по разным методам статистического анализа, незначительная, как правило, не превышает 1,5 %. Следовательно, оба метода показывают схожие результаты и могут в равной степени использоваться при расчете популяционного риска ИБС.

Список литературы

1. Батюшин М.М. Модернизация шкалы SCORE оценки десятилетнего риска сердечно-сосудистой смертности // Российский кардиологический журнал. – 2005. – № 6. – С. 40–44.
2. Значимость мультифокального атеросклероза для модификации шкалы отдаленного риска смертности GRACE у больных острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST / М.В. Зыков, Д.С. Зыкова, В.В. Кашталап, Т.Б. Печерина, О.Л. Барбараш // Атеросклероз. – 2012. – Т. 8, № 1. – С. 14–20.
3. Концевая А.В., Суворова Е.И., Худяков М.Б. Экономическая эффективность ренальной денервации у пациентов с резистентной артериальной гипертензией: результаты марковского моделирования // Кардиология. – 2014. – Т. 54, № 1. – С. 41–47.
4. Концевая А.В., Шальнова С.А. Популяционные модели прогнозирования сердечно-сосудистого риска: целесообразность моделирования и аналитический обзор существующих моделей // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2015. – Т. 14, № 6. – С. 54–58.
5. Максимов С.А., Индукаева Е.В., Артамонова Г.В. Интегральная оценка риска ишемической болезни сердца в эпидемиологических исследованиях (ЭССЕ-РФ в Кемеровской области). Сообщение I. Возрастно-половые детерминанты // Профилактическая медицина. – 2015. – № 6. – С. 34–39.
6. Максимов С.А., Скрипченко А.Е., Артамонова Г.В. Интегральная оценка факторов риска профессиональной обусловленности артериальной гипертензии // Российский кардиологический журнал. – 2015. – Т. 120, № 4. – С. 38–42.
7. Максимов С.А., Табакаев М.В., Артамонова Г.В. Интегральная оценка риска ишемической болезни сердца в эпидемиологических исследованиях (ЭССЕ-РФ в Кемеровской области). Сообщение II. Социально-экономические детерминанты // Профилактическая медицина. – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 24–29.
8. Мамедов М.Н., Чепурина Н.А. Суммарный сердечно-сосудистый риск: от теории к практике: пособие для врачей / под ред. акад. РАМН Р.Г. Оганова. – М., 2007. – 23 с.
9. Мнение врачей о роли отдельных факторов смертности от болезней системы кровообращения в регионах Российской Федерации / С.А. Бойцов, М.А. Ватолина, И.В. Самородская, О.Л. Барбараш, О.А. Овчаренко, Н.В. Кондрикова // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2015. – № 4. – С. 53–60.

10. Новый способ оценки индивидуального сердечно-сосудистого суммарного риска для населения России / Р.Г. Оганов, С.А. Шальнова, А.М. Калинина, А.Д. Деев, О.С. Глазачев, Е.И. Гусев, И.А. Беляева, А.М. Сударев // Кардиология. – 2008. – № 5. – С. 85–89.
11. Assmann G. Assessment of cardiovascular risk – PROCAM and new algorithms // Biomed. Tech. (Berl). – 2005. – Vol. 50, № 7–8. – P. 227–232.
12. Cardiovascular risk and cardiometabolic risk: an epidemiological evaluation / D. Vanuzzo, L. Pilotto, R. Miolo, S. Pirelli // G. Ital. Cardiol. (Rome). – 2008. – Vol. 9, № 4. – P. 6S–17S.
13. Gorenoi V., Hagen A. Overview of risk – estimation tools for primary prevention of cardiovascular diseases in european populations // Cent. Eur. J. Public. Health. – 2015. – Vol. 23, № 2. – P. 91–99.
14. Screening for cardiovascular risk in asymptomatic patients / J.S. Berger, C.O. Jordan, D. Lloyd-Jones, R.S. Blumenthal // J. Am. Coll. Cardiol. – 2010. – Vol. 55, № 12. – P. 1169–1177.
15. The impact of prevention on reducing the burden of cardiovascular disease / R. Kahn, R.M. Robertson, R., Smith D. Eddy // Circulation. – 2008. – Vol. 118. – P. 576–585.

Максимов С.А., Цыганкова Д.П., Артамонова Г.В. Применение регрессионного анализа и деревьев классификации для расчета дополнительного популяционного риска ишемической болезни сердца // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 31–39. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.04

UDC 616.1:57.087

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.04.eng

APPLICATION OF REGRESSION ANALYSIS AND CLASSIFICATION TREES IN CALCULATING ADDITIONAL POPULATION RISK OF ISCHEMIC HEART DISEASE

S.A. Maksimov, D.P. Tsygankova, G.V. Artamonova

Scientific Institution Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, 6 Sosnoviy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation

Our research goal was to perform a comparative analysis of regression analysis application and tree classification application in calculating additional population risk on the example of ischemic heart diseases (IHD). Our research object was a random population sample comprising both male and female population aged 25-64 in Kemerovo region (1,628 people) within ESSE-RF multi-centered epidemiologic research. We considered the following IHD risk factors: lipid metabolism parameters, arterial hypertension, lifestyle factors, psychoemotional peculiarities, and social parameters. IHD occurrence was assessed as per sum of 3 epidemiologic criteria: on the basis of ECG changes coding as per Minnesota code, Rose questionnaire, and cardiac infarction in case history. We calculated additional population IHD risk determined by risk factors as per unified original algorithms, but with various statistic analysis techniques: logistic regression analysis and classification trees.

We built up mathematic models for IHD probability as per risk factors, with predictive significance equal to 83.8% for logistic regression analysis and to 71.9% for classification trees. The applied statistical analysis techniques show different contributions made by risk factors into IHD prevalence which results from absence of correlation between them.

IBD risk additional to population one and determined by risk factors as per both statistical analysis techniques in sex-age groups changed from negative values in age groups younger than 45 to positive values in older people. Increase in additional IHD risk in aged groups as per both techniques was practically linear with slight deviations. Difference in additional population risk calculated as per two statistical analysis techniques was insignificant and as a rule it didn't exceed 1.5%. Consequently, both techniques give similar results and can be equally used in calculating IHD population risk.

Key words: regression analysis, risk factor, ischemic heart disease, population risk, predictive models, statistical analysis techniques.

© Maksimov S.A., Tsygankova D.P., Artamonova G.V., 2017

Sergei A. Maksimov – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor; leading researcher at Laboratory for Cardiovascular Diseases Epidemiology (e-mail: m1979sa@yandex.ru; tel.: +7 (3842) 64-42-40).

Dar'ya P. Tsygankova – researcher at Laboratory for Cardiovascular Diseases Epidemiology (e-mail: cigadp@kemcardio.ru; tel.: +7 (3842) 64-34-71).

Galina V. Artamonova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Research, Head of Medical Technologies Optimization Department for cardiovascular diseases (e-mail: artamonova@kemcardio.ru; tel.: +7 (3842) 64-45-73).

References

1. Batyushin M.M. Modernizatsiya shkaly SCORE otsenki desyatiletnego riska serdechno-sosudistoi smertnosti [Modernization of 10-year cardiovascular death risk scale SCORE]. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*, 2005, no. 6, pp. 40–44. (in Russian).
2. Zikov M.V., Zykova D.S., Kashtalap V.V., Pecherina T.B., Barbarash O.L. Znachimost' mul'tifokal'nogo ateroskleroza dlya modifikatsii shkaly otdalennogo riska smertnosti GRACE u bol'nykh ostrym koronarnym sindromom s pod'emom segmenta ST [The prognostic value of peripheral arteries diseases in patients with st-segment elevation myocardial infarction]. *Ateroskleroz*, 2012, vol. 8, no. 1, pp. 14–20 (in Russian).
3. Kontsevaya A.V., Suvorova E.I., Khudyakov M.B. Ekonomicheskaya effektivnost' renal'noy denervatsii u patsientov s rezistentnoy arterial'noy gipertoniey: rezul'taty markovskogo modelirovaniya [Economic efficiency of renal denervation in patients with resistant hypertension: results of markov modeling]. *Kardiologiya*, 2014, vol. 54, no. 1, pp. 41–47 (in Russian).
4. Kontsevaya A.V., Shal'nova S.A. Populyatsionnye modeli prognozirovaniya serdechno-sosudistogo riska: tselesoobraznost' modelirovaniya i analiticheskiy obzor sushchestvuyushchikh modeley [Population models of cardiovascular risk prediction: expedience of modeling and analytic review of current models]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2015, vol. 14, no. 6, pp. 54–58 (in Russian).
5. Maksimov S.A., Indukaeva E.V., Artamonova G.V. Integral'naya otsenka riska ishemicheskoy bolezni serdtsa v epidemiologicheskikh issledovaniyakh (ESSE-RF v Kemerovskoy oblasti). Soobshchenie I: vozrastno-polovye determinant [Integral assessment of coronary heart disease risk in the epidemiological studies (ESSE-RF in the Kemerovo Region). Communication 1: Age and sex determinants]. *Profilakticheskaya meditsina*, 2015, vol.18, no. 6, pp. 34–39 (in Russian).
6. Maksimov S.A., Skripchenko A.E., Artamonova G.V. Integral'naya otsenka faktorov riska professional'noy obuslovlennosti arterial'noy gipertenzii [Integral assessment of work-related arterial hypertension risk factors]. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*, 2015, vol.120, no. 4, pp. 38–42 (in Russian).
7. Maksimov S.A., Tabakaev M.V., Artamonova G.V. Integral'naya otsenka riska ishemicheskoy bolezni serdtsa v epidemiologicheskikh issledovaniyakh (ESSE-RF v Kemerovskoy oblasti). Soobshchenie II: sotsial'no-ekonomicheskie determinant [Integral assessment of coronary heart disease risk in the epidemiological studies (ESSE-RF in the Kemerovo Region). Communication II: Socioeconomic determinants]. *Profilakticheskaya meditsina*, 2016, vol.19, no. 1, pp. 24–29 (in Russian).
8. Mamedov M.N., Chepurina N.A. Summarnyi serdechno-sosudisty risk: ot teorii k praktike: posobie dlya vrachei [Total cardio-vascular risk: from theory to practice: a manual for physicians]. In: R.G. Oganov, ed. Moscow, 2007, 23 p. (in Russian).
9. Boytsov S.A., Vatolina M.A., Samorodskaya I.V., Barbarash O.L., Ovcharenko O.A., Kondrikova N.V. Mnenie vrachey o roli otdel'nykh faktorov smertnosti ot bolezney sistemy krovoobrashcheniya v regionakh Rossiyskoy Federatsii [Medical care practitioners' opinion on the role of specific factors contributing to the mortality from circulatory system disease in the regions of the Russian Federation]. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy*, 2015, no. 4, pp. 53–60 (in Russian).
10. Oganov R.G., Shal'nova S.A., Kalinina A.M., Deev A.D., Glazachev O.S., Gusev E.I., Belyaeva I.A., Sudarev A.M. Novyy sposob otsenki individual'nogo serdechno-sosudistogo summarnogo riska dlya naseleniya Rossii [The novel method of assessment of individual total cardiovascular risk for the population of Russia]. *Kardiologiya*, 2008, vol. 48, no. 5, pp. 87–91 (in Russian).
11. Assmann G. Assessment of cardiovascular risk – PROCAM and new algorithms. *Biomed. Tech. (Berl)*, 2005, vol. 50, no. 7–8, pp. 227–232.
12. Vanuzzo D., Pilotto L., Mirolo R., Pirelli S. Cardiovascular risk and cardiometabolic risk: an epidemiological evaluation. *G. Ital. Cardiol. (Rome)*, 2008, vol. 9, no.4, pp. 6S–17S.
13. Gorenou V., Hagen A. Overview of risk – estimation tools for primary prevention of cardiovascular diseases in European populations. *Cent. Eur. J. Public. Health.*, 2015, vol. 23, no.2, pp. 91–99.
14. Berger J.S., Jordan C.O., Lloyd-Jones D., Blumenthal R.S. Screening for cardiovascular risk in asymptomatic patients. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2010, vol. 55, no.12, pp. 1169–1177.
15. Kahn R., Robertson R.M., Smith R., Eddy D. The impact of prevention on reducing the burden of cardiovascular disease. *Circulation*, 2008, vol. 118, pp. 576–585.

Maksimov S.A., Tsygankova D.P., Artamonova G.V. Application of regression analysis and classification trees in calculating additional population risk of ischemic eart disease. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 3, pp. 31–39. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.04.eng

Получена: 05.06.2017

Принята: 20.09.2017

Опубликована: 30.09.2017

УДК 615.47: 616-072.7

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.05

НОВЫЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКА РАЗВИТИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

И.Н. Яковина¹, Н.А. Баннова¹, Е.В. Каштанова², Я.В. Полонская², Ю.И. Рагино²

¹Новосибирский государственный технический университет, Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т Карла Маркса, 20

²Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины, Россия, 630089, г. Новосибирск, ул. Бориса Богаткова, 175/1

Рассматривается решение задачи разработки и применения в практической деятельности нового метода оценки риска развития ишемической болезни сердца. В основу метода положен разработанный лабораторно-диагностический комплекс, включающий окислительные, липидно-липопротеиновые, воспалительные и метаболические биохимические показатели; систему логико-математических моделей для получения численных оценок риска и программный модуль, позволяющий выполнять расчет и анализ результатов. Обоснование моделей выполнено в ходе исследования, в которое было включено 172 пациента с ишемической болезнью сердца (ИБС) на фоне коронарного атеросклероза, верифицированного данными коронароангиографии, и 167 пациентов без ИБС. В программу обследования входили: демографические и социальные данные, опрос о привычке курения и употреблении алкоголя, диетологический опрос, история хронических заболеваний и употребления медикаментов, кардиологический опрос по Роуз, антропометрия, 3-кратное измерение артериального давления, спирометрия, запись электрокардиограммы с расшифровкой по Миннесотскому коду. У всех пациентов определяли биохимические показатели. Уточнена задача разработки методов и моделей для оценки риска развития ИБС на основании воспалительных, окислительных и липидных биомаркеров. Выполнена разработка системы логико-математических моделей, которая представляет собой универсальную схему обработки лабораторных показателей, учитывающая специфику разнородных данных. Система моделей является универсальной, специфичен диагностический подход к используемым биохимическим показателям. Разработанный программный модуль (калькулятор) позволяет врачу на основании данных лабораторных исследований получить результат, характеризующий численный риск развития коронарного атеросклероза и ИБС у пациента, а также визуально оценить систему показателей и их отклонение от условной границы «норма – патология». Комплекс внедрен в практическую деятельность Научно-исследовательским институтом терапии и профилактической медицины.

Ключевые слова: оценка риска, ишемическая болезнь сердца, лабораторно-диагностический комплекс, биохимические показатели, логико-математическая модель, программный модуль, опрос по Роуз.

Согласно статистике, каждый 13-й гражданин в РФ страдает сердечно-сосудистой патологией, и среди причин смертности от болезней системы кровообращения, формирующих ее структуру, главенствует ишемическая болезнь сердца (55,7 %) [1]. Заболеваемость ишемической болезнью сердца (ИБС) по Новосибирской области

составляет более 35 человек на 1000 взрослого населения [6]. В связи с этим работа, направленная на улучшение диагностики и выполнение мероприятий по своевременной диагностике и вторичной профилактике ишемической болезни сердца (ИБС), имеет особое значение в стратегии оказания медицинской помощи больным кардио-

© Яковина И.Н., Баннова Н.А., Каштанова Е.В., Полонская Я.В., Рагино Ю.И., 2017

Яковина Ирина Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники, руководитель студенческого конструкторского бюро «Робототехника и искусственный интеллект» (e-mail: irina.nir@gmail.com; тел.: 8 (383) 346-11-53).

Баннова Наталия Александровна – инженер студенческого конструкторского бюро «Робототехника и искусственный интеллект» (e-mail: geteren13@gmail.com; тел.: 8 (383) 346-28-01).

Каштанова Елена Владимировна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клинических биохимических и гормональных исследований терапевтических заболеваний (e-mail: ragino@mail.ru; тел.: 8 (383) 267-97-55, 8 (383) 211-75-03).

Полонская Яна Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клинических биохимических и гормональных исследований терапевтических заболеваний (e-mail: ragino@mail.ru; тел.: 8 (383) 267-97-55, 8 (383) 211-75-03).

Рагино Юлия Игоревна – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе, руководитель лаборатории клинических биохимических и гормональных исследований терапевтических заболеваний (e-mail: ragino@mail.ru; тел.: 8 (383) 267-97-55, 8 (383) 211-75-03).

логического профиля [1, 8, 11]. Актуальность изучения факторов и биологических маркеров ключевых патофизиологических механизмов развития сердечно-сосудистых заболеваний в Западно-Сибирском регионе определена особыми климато-географическими условиями, особенностями питания и крайне высокой распространенностью факторов риска ИБС, поэтому востребовано получение новых данных в области изучения риска осложнений заболевания и повышения эффективности его ранней диагностики [9].

Сердечно-сосудистый риск – вероятность развития того или иного неблагоприятного события со стороны сердечно-сосудистой системы (включая смерть от сердечно-сосудистого заболевания или осложнения) в течение определенного периода времени (например, в течение ближайших 10 лет) [15]. Стратификация риска в диагностике ИБС производится на основании клинических данных, результатов стресс-тестов, оценки функционирования желудочков сердца, результатов коронарной ангиографии и других параметров [7, 10, 16, 18].

Среди рискометров, используемых в кардиологии, широко известна шкала SCORE, которая предназначена для оценки абсолютного риска смертельного сердечно-сосудистого заболевания (ССЗ) в течение ближайших 10 лет. При оценке риска по шкале SCORE учитываются следующие показатели: пол, возраст (40–65 лет), уровень артериального давления (АД), уровень общего холестерина, статус курения [14]. Сердечно-сосудистый риск оценивается также в зависимости от оптимальных значений липидных параметров, индекса Кетле, результатов диагностики метаболического синдрома [4, 13].

Как правило, оценка риска ССЗ осуществляется суммированием баллов, полученных по каждому показателю шкалы рискометра. Полученный результат либо переводится в проценты, либо остается в числовых значениях. После чего для определения степени риска используются таблицы соответствия полученного по шкале рискометра значения и выраженной в процентах вероятности возникновения или развития ССЗ. Такие методы и процедуры анализа значений параметров, входящих в шкалы риска, используются наиболее известными шкалами: HAS-BLEND, CHA2DS2-VASc, GRACE, CRUSADE, TIMI. Также анализ риска может производиться путем оценки вхождения параметра в интервал, которому соответствует определенная степень риска. По такому принципу

оценивают риск ССЗ в зависимости от следующих факторов: индекса Кетле, значений липидных параметров, критериев диагностики метаболического синдрома, значения АД и др. [4, 8]. Такие процедуры получения численных оценок риска ввиду сложности процедур расчета зачастую не позволяют их широко использовать в клинической практике. Автоматизированные калькуляторы, которые значительно упрощают этот процесс, как правило, позволяют обрабатывать данные скрининговых исследований и не дают системную оценку, учитывающую на фоне клинических еще и биохимические показатели [5].

В рамках данного исследования ставились следующие задачи:

- ♦ разработки эффективных скрининговых лабораторно-диагностических методов для раннего выявления факторов риска развития ИБС, основанных на анализе биохимических показателей;
- ♦ применения логико-математических моделей для получения численных оценок риска развития заболевания;
- ♦ разработки удобного в использовании программного модуля, позволяющего выполнять оценку риска развития ИБС на основании анализа биохимических показателей.

Материалы и методы. В исследование было включено 172 пациента с ишемической болезнью сердца на фоне коронарного атеросклероза, верифицированного данными коронароангиографии, и 167 пациентов без ИБС, согласно данным обследования. В программу обследования входили: демографические и социальные данные, опрос о привычке курения и употреблении алкоголя, диетологический опрос, история хронических заболеваний и употребления медикаментов, кардиологический опрос по Роуз, антропометрия, 3-кратное измерение артериального давления, спирометрия, запись электрокардиограммы с расшифровкой по Миннесотскому коду. У всех пациентов определяли биохимические показатели. Оценка риска развития коронарного атеросклероза проводилась с использованием логико-математического метода. В основу логико-математической модели (ЛММ) положен ранее разработанный в Научно-исследовательском институте терапии и профилактической медицины лабораторно-диагностический комплекс, включающий наиболее информативные окислительные, липидно-липопротеиновые, воспалительные и метаболические биохимические показа-

тели, характеризующие основные патогенетические звенья коронарного атеросклероза: исходный уровень продуктов перекисного окисления липидов в ЛНП (ПОЛО), резистентность ЛНП к окислению (ПОЛЗ0), концентрации в крови инсулина (Инсулин), С-реактивного белка (СРБ), апопротеина А₁ (апоА₁) и В (апоВ), триглицеридов (ТГ) и ХС-ЛВП [2, 3, 17]. В модели учитывается вес каждого параметра, характеризующего различную степень вклада в общую картину заболевания, границы «норма – патология», выявленные для каждого параметра, и способ его нормирования.

Алгоритм расчета значений оценки риска развития ИБС для полученной лабораторно-диагностической панели состоит из трех основных шагов. На первом шаге для каждого параметра x_i устанавливаются интервальные значения «норма – патология» ${}_n x_i$. На втором шаге для каждого x_i в зависимости от шкалы измерения и логики анализа значений задается способ нормирования. На третьем шаге методом Дельфи получают средневзвешенные оценки α_i степени вклада каждого параметра в общую интегральную оценку степени риска развития ИБС. После чего формируется обобщенная модель, позволяющая рассчитывать единообразную общую оценку с учетом степени вклада нормированных значений каждого x_i к их интервальным значениям «норма – патология»:

$${}_n x_i : y = \sum_{i=1}^8 \alpha_i f(x_i),$$

где α_i – весовой коэффициент, учитывающий степень вклада параметра, полученный методом Дельфи;

$f(x_i)$ – логико-математическая функция пересчета исходного значения каждого из восьми параметров x , учитывающая логику анализа исходного параметра и способ его пересчета относительно заданного экспертом интервального значения «норма – патология» ${}_n x_i$ для каждого x_i , для $i = \overline{1,8}$.

Выполнялось тестирование полученной обобщенной модели на реальных данных и оценка, предполагающая расчет характеристик диагностической точности, специфичности и чувствительности [12].

Чувствительность (Se , *sensitivity*) – это способность диагностического метода давать правильный результат, который определяется как доля истинно положительных результатов среди всех проведенных тестов.

Специфичность (Sp , *specificity*) – это способность диагностического метода не давать при отсутствии заболевания ложноположительных результатов, который определяется как доля истинно отрицательных результатов среди здоровых лиц в группе исследуемых.

Диагностическая точность (Ac , *accuracy*) – это доля правильных результатов теста (т.е. сумма истинно положительных и истинно отрицательных результатов) среди всех обследованных пациентов.

Результаты и их обсуждение. Результат проведенных экспериментов (рис. 1) для разработанного модельного обеспечения на всем объеме данных о пациентах с установленным диагнозом – ИБС – да (1) и ИБС – нет (0) – позволяет определить диапазоны пороговых значений моделей, которые в зависимости от решаемой задачи (скрининг, прогноз и т.п.) могут быть изменены. Для задачи скрининга и оценки риска развития ИБС оптимальным для соотношения тройки параметров $Ac - Sp - Se$ пороговым значением является 0,6. Данный пороговый коэффициент позволяет получать расчетные значения оценок риска в диапазоне от 0 до 200 баллов (условных приведенных единиц степени выраженности риска), при этом диапазон значений оценки вероятности развития ИБС от 0 до 80 баллов свидетельствует об отсутствии риска развития ИБС, от 81 до 150 баллов – о наличии риска развития ИБС и более 151 балла – о высокой степени риска развития ИБС.

Рассмотрим на примере данных трех пациентов, представленных в таблице, особенности применения разработанной модели. Для расчета оценки риска используются значения параметров, полученные на основании логики анализа результатов лабораторных исследований и способах их пересчета относительно заданного экспертом интервального значения «норма – патология».

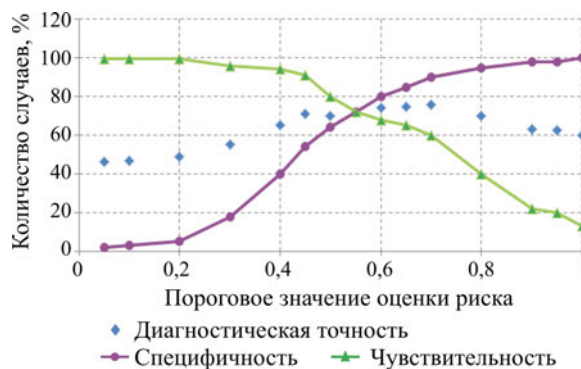


Рис. 1. Результаты проведенных экспериментов

Пример трех пациентов

Пациент	Параметр								
	ПОЛО	ПОЛЗ0	Инсулин	СРБ	апоА1	апоВ	ХС-ЛВП	ТГ	ИБС
<i>Исходные значения</i>									
A	0,5	31,7	6,8	2,21	186,99	83,69	70	105	0
B	1,8	23,2	1,74	9,07	133,3	169,1	38	195	1
C	1,3	24,1	3,46	4,98	132,7	93,87	70	59	0
<i>Пересчитанные значения</i>									
A	0,00	1,40	0,08	0,11	0,12	0,18	0,00	0,00	22
B	0,20	0,43	0,00	1,10	1,30	1,50	1,20	1,40	171
C	0,00	0,51	0,00	1,10	1,30	0,69	0,00	0,00	88

Алгоритм расчета значений позволяет получать оценку степени отличия от условно допустимой нормы. При интерпретации результатов по восьми рассматриваемым параметрам исходные шкалы и различные диапазоны границ «норма – патология» для единообразия и удобства интерпретации сведены к единообразному представлению, которое позволяет оценить степень близости к норме (близости к 0). При формировании оценки риска развития ИБС пересчитанные значения всех параметров учитываются с весовыми коэффициентами, полученными методом Дельфи. При визуализации результатов (рис. 2) можно увидеть особенности патогенетической картины, проявляющиеся отклонением нормированного параметра от условной границы «норма – патология», выделенной на графике красным цветом.

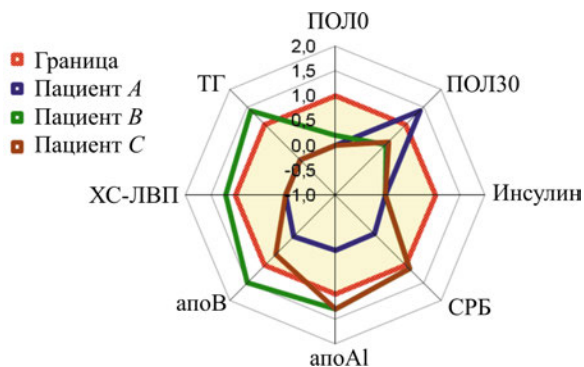


Рис. 2. Визуализация результатов данных трех пациентов

Для простоты расчета оценки риска развития ИБС был разработан программный модуль (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017612582 от 01.03.2017 г.), позволяющий получить значения оценки с использованием разработанной логико-математической модели. На рис. 3 представлено окно программного модуля ввода данных и расчета оценки риска. Пользователь

может ввести данные исследований и по нажатию кнопки «рассчитать» получить результат. На основании полученного результата врач в случае средних или высоких оценок риска развития ИБС и общей патогенетической картины назначает дополнительные обследования пациенту.

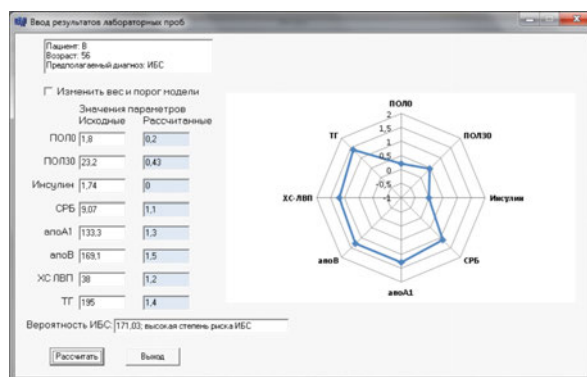


Рис. 3. Пример интерфейса программного модуля

Выполнялось тестирование полученной обобщенной модели на реальных данных и расчет характеристик диагностической точности, специфичности и чувствительности для всего массива пациентов. Один из полученных результатов тестирования, иллюстрирующий верификацию моделей, представлен на рис. 4.

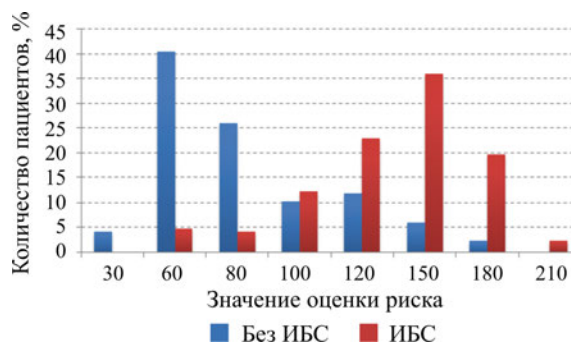


Рис. 4. Результат оценки точности разработанной модели

Выводы. Таким образом, анализ широко используемых в кардиологии рискметров и шкал позволил выявить, что при расчете оценок риска практически не учитывается комплекс окислительных, липидно-липопротеиновых, воспалительных и метаболических биохимических показателей.

Методы получения численных оценок, как правило, требуют ручной обработки значений различных параметров и позволяют формировать набор оценок в различных шкалах или одну сводную оценку риска.

По результатам проведенного анализа была уточнена задача разработки методов и моделей для оценки риска развития ИБС на основании воспалительных, окислительных и липидных биомаркеров.

В ходе исследования была выполнена разработка системы логико-математических моделей, которая представляет собой универсальную схему обработки лабораторных показателей, учитывающая специфику разнородных данных. При тестировании разработанного мо-

дельного обеспечения получены результаты, свидетельствующие о достаточно высокой точности и возможности посредством параметров моделей повышать специфичность или чувствительность, которые значимы в случаях скрининговых или индивидуальных обследований групп пациентов.

Разработанная система логико-математических моделей является универсальной, специфичен диагностический подход к используемым биохимическим показателям.

Разработанный программный модуль (калькулятор) позволяет врачу на основании данных лабораторных исследований получить результат, характеризующий численный риск развития коронарного атеросклероза и ИБС у пациента, а также увидеть визуальное отображение системы показателей и их отклонение от условной границы «норма – патология».

Разработанный лабораторно-диагностический комплекс внедрен в практическую деятельность Научно-исследовательского института терапии и профилактической медицины.

Список литературы

1. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Болезни системы кровообращения и сердечно-сосудистая хирургия в Российской Федерации. Состояние и проблемы // Аналитический вестник. – 2015. – Т. 597, № 44. – С. 9–18.
2. Взаимосвязь основных показателей кальциевого и липидного обмена с атеросклерозом коронарных артерий / Я.В. Полонская, Е.В. Каштанова, И.С. Мурашев, А.В. Кургузов, А.М. Волков, О.В. Каменская, А.М. Чернявский, Ю.И. Рагино // Атеросклероз и дислипидемии. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 24–29.
3. Динамика изменений воспалительно-окислительных биомаркеров в крови при остром коронарном синдроме / Ю.И. Рагино, А.Д. Куимов, Я.В. Полонская, Е.В. Каштанова, Н.Г. Ложкина, Т.А. Балабушевич, Н.В. Еременко, У.Н. Негмаджонов // Кардиология. – 2012. – Т. 52, № 2. – С. 18–23.
4. Кардиология. Национальное руководство: краткое издание / под ред. Ю.Н. Беленкова, Р.Г. Органова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 838 с.
5. Моделирование риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений на индивидуальном и групповом уровнях / С.А. Бойцов, С.А. Шальнова, А.Д. Деев, А.М. Калинина // Терапевтический архив. – 2013. – № 9. – С. 4–10.
6. Развитие здравоохранения НСО на 2013–2020 годы: отчеты о реализации государственной программы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zdrav.nso.ru/page/2372> (дата обращения: 20.06.2017).
7. Скрининг сердечно-сосудистого риска у бессимптомных пациентов / J.S. Berger, C.O. Jordan, D. Lloyd-Jones, R.S. Blumenthal // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2010. – Т. 6, № 3. – С. 381–390.
8. Смертность от болезней системы кровообращения в России и в экономически развитых странах. Необходимость усиления кардиологической службы и модернизация медицинской статистики в Российской Федерации (Аналитический обзор официальных данных Госкомстата, МЗ и СР России, ВОЗ и экспертных оценок по проблеме) / В.И. Харченко, Е.П. Какорина, М.В. Корякин, М.М. Вирин, В.М. Ундринцов, Н.Л. Смирнова, П.И. Онищенко, Б.Г. Потиевский, Р.Ю. Михайлова // Российский кардиологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 5–7.
9. Современные взгляды на этиологию и диагностику ишемической болезни сердца / Р.Т. Дидигова, А.М. Инарокова, М.Я. Имагожева, М.Н. Мамедов // Лечебное дело. – 2011. – № 4. – С. 11–17.
10. Стабильная стенокардия / Ю.М. Поздняков, С.Ю. Марцевич, И.Е. Колтунов, А.М. Уринский // Кардиология: национальное руководство / под ред. Ю.Н. Беленкова, Р.Г. Органова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – С. 636–664.
11. Чазов Е.И. Пути снижения смертности от сердечно-сосудистых заболеваний // Терапевтический архив. – 2008. – № 8. – С. 11–16.

12. Швайкова И.Н., Сташевский П.С. Алгоритмы формирования диагностических решений // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2010: материалы VIII Международной конференции. – Новосибирск, 2010. – Т. 5. – С. 122–127.

13. Between risk charts and imaging: how should we stratify cardiovascular risk in clinical practice? / G.F. Mureddu, F. Drandimarte, P. Faggiano [et al.] // Eur. Heart. J. Cardiovasc. Imaging. – 2013. – Vol. 14, № 5. – P. 401–416.

14. Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project / R.M. Conroy, K. Pyörälä, A.P. Fitzgerald, S. Sans, A. Menotti, G. De Backer, D. De Bacquer, P. Ducimetière, P. Jousilahti, U. Keil, I. Njølstad, R.G. Oganov, T. Thomsen, H. Tunstall-Pedoe, A. Tverdal, H. Wedel, P. Whincup, L. Wilhelmsen, I.M. Graham // Eur. Heart. J. – 2003. – Vol. 24, № 11. – P. 987–1003.

15. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: full text. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts) / I. Graham [et al.] // Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil. – 2007. – № 2. – P. 1–113.

16. Ge Y., Wang T.J. Identifying novel biomarkers for cardiovascular disease risk prediction // J. Intern. Med. – 2012. – Vol. 272, № 5. – P. 430–439.

17. Relationship of osteonectin level with inflammatory, oxidative and lipid biomarkers in blood in coronary atherosclerosis and its complication / Yu. Ragino, E. Kashtanova, A. Chernjavski, Ya. Polonskaia, M. Voevoda // Abstr. XIII HUPO World Congress. – Madrid, 2014. – P. 207

18. Risk stratification in cardiovascular disease primary prevention – scoring systems, novel markers, and imaging techniques / F. Zannad, G. De Backer, I. Graham [et al.] // Fundam. Clin. Pharmacol. – 2012. – Vol. 26, № 2. – P. 163–174.

Новые методы и модели оценки риска развития ишемической болезни сердца / И.Н. Яковина, Н.А. Баннова, Е.В. Каштанова, Я.В. Полонская, Ю.И. Рагино // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 40–47. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.05

UDC 615.47: 616-072.7

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.05.eng

NEW TECHNIQUES AND MODELS FOR ASSESSING ISCHEMIC HEART DISEASE RISKS

I.N. Yakovina¹, N.A. Bannova¹, E.V. Kashtanova², Ya.V. Polonskaia², Yu.I. Ragino²

¹Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marksa Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation

²Scientific Research Institute for Therapy and Preventive Medicine, 175/1 Borisa Bogatkova Str., Novosibirsk, 630089, Russian Federation

The paper focuses on tasks of creating and implementing a new technique aimed at assessing ischemic heart diseases risk. The techniques is based on a laboratory-diagnostic complex which includes oxidative, lipid-lipoprotein, inflammatory and metabolic biochemical parameters; a system of logic-mathematic models used for obtaining numeric risk assessments; and a program module which allows to calculate and analyze the results. we justified our models in the course of our research which included 172 patients suffering from ischemic heart diseases (IHD) combined with coronary atherosclerosis verified by coronary arteriography and 167 patients who didn't have ischemic heart diseases. Our research program included demographic and social data, questioning on tobacco and alcohol addiction, questioning about dietary habits,

© Yakovina I.N., Bannova N.A., Kashtanova E.V., Polonskaia Ya.V., Ragino Yu.I., 2017

Irina N. Yakovina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at Computer Engineering Department, Head of «Robotics and Artificial Intelligence» students' construction office (e-mail: irina.nir@gmail.com, tel.: +7 (383) 346-11-53).

Nataliya A. Bannova – an engineer at «Robotics and Artificial Intelligence» students' construction office (e-mail: geteren13@gmail.com, tel.: +7 (383) 346-28-01).

Elena V. Kashtanova – Doctor of Biological Sciences, senior researcher at Laboratory for Clinical Biochemical and Hormonal Research of therapeutic diseases (e-mail: ragino@mail.ru, tel.: +7 (383) 267-97-55, +7 (383) 211-75-03).

Yana V. Polonskaia – Candidate of Biological Sciences, senior researcher at Laboratory for Clinical Biochemical and Hormonal Research of therapeutic diseases (e-mail: ragino@mail.ru, tel.: +7 (383) 267-97-55, +7 (383) 211-75-03).

Yuliya I. Ragino – A Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Deputy Director at Scientific Research Institute for Therapy and Preventive Medicine responsible for research, Head of Laboratory for Clinical Biochemical and Hormonal Research of therapeutic diseases (e-mail: ragino@mail.ru, tel.: +7 (383) 267-97-55, +7 (383) 211-75-03).

chronic diseases case history and medications intake, cardiologic questioning as per Rose, anthropometry, 3-times measured blood pressure, spirometry, and electrocardiogram taking and recording with decoding as per Minnesota code. We detected biochemical parameters of each patient and adjusted our task of creating techniques and models for assessing ischemic heart disease risks on the basis of inflammatory, oxidative, and lipid biological markers. We created a system of logic and mathematic models which is a universal scheme for laboratory parameters processing allowing for dissimilar data specificity. The system of models is universal, but a diagnostic approach to applied biochemical parameters is specific. The created program module (calculator) helps a physician to obtain a result on the basis of laboratory research data; the result characterizes numeric risks of coronary atherosclerosis and ischemic heart disease for a patient. It also allows to obtain a visual image of a system of parameters and their deviation from a conditional «standard – pathology» boundary. The complex is implemented into practice by the Scientific Research Institute for Therapy and Preventive Medicine.

Key words: risk assessment, ischemic heart disease, laboratory and diagnostic complex, biochemical parameters, logic and mathematic model, program module, questioning as per Rose.

References

1. Bokeriya L.A., Gudkova R.G. Bolezni sistemy krovoobrashcheniya i serdechno-sosudistaya khirurgiya v Rossiiskoi Federatsii. Sostoyanie i problemy [Cardiovascular system disease and cardiovascular surgery in the Russian Federation. Current situation and challenges]. *Analiticheskii vestnik*, 2015, vol. 597, no. 44, pp. 9–18 (in Russian).
2. Polonskaya Ya.V., Kashtanova E.V., Murashev I.S., Kurguzov A.V., Volkov A.M., Kamenskaya O.V., Chernyavskii A.M., Ragino Yu.I. Vzaimosvyaz' osnovnykh pokazatelei kal'tsievogo i lipidnogo obmena s aterosklerozom koronarnykh arterii [The interrelation of the basic parameters of calcium and lipid metabolism with atherosclerosis of the coronary arteries]. *Ateroskleroz i dislipidemii*, 2015, vol. 18, no. 1, pp. 24–29 (in Russian).
3. Ragino Yu.I., Kuimov A.D., Polonskaya Ya.V., Kashtanova E.V., Lozhkina N.G., Balabushevich T.A., Eremenko N.V., Negmadzhonov U.N. Dinamika izmenenii vospalitel'no-okislitel'nykh biomarkerov v krovi pri ostrom koronarnom sindrome [Dynamics of Changes of Blood Inflammatory-Oxidative Biomarkers in Acute Coronary Syndrome]. *Kardiologiya*, 2012, vol. 52, no. 2, pp. 18–23 (in Russian).
4. Kardiologiya. Natsional'noe rukovodstvo. Kratkoe izdanie [Cardiology. National guidelines. Brief edition]. In: Yu.N. Belenkova, R.G. Organova, eds. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2012, 838 p. (in Russian).
5. Boitsov S.A., Shal'nova S.A., Deev A.D., Kalinina A.M. Modelirovanie riska razvitiya serdechno-sosudistykh zabolevaniy i ikh oslozhneniy na individual'nom i gruppovom urovnyakh [Simulation of a risk for cardiovascular diseases and their events at individual and group levels]. *Terapevticheskii arkhiv*, 2013, no. 9, pp. 4–10 (in Russian).
6. Razvitie zdravookhraneniya NSO na 2013–2020 gody: Otchety o realizatsii gosudarstvennoi programmy [Public Healthcare development in Novosibirsk region for 2013–2020: report on the implementation of the state program]. Available at: <http://www.zdrav.nso.ru/page/2372> (20.06.2017) (in Russian).
7. Berger J.S., Jordan C.O., Lloyd-Jones D., Blumenthal R.S. Skrining serdechno-sosudistogo riska u bessimptomnykh patsientov [Cardiovascular risk screening for patients without symptoms]. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii*, 2010, vol. 6, no. 3, pp. 381–390 (in Russian).
8. Kharchenko V.I., Kakorina E.P., Koryakin M.V., Virin M.M., Undritsov V.M., Smirnova N.L., Onishchenko P.I., Potievskii B.G., Mikhailova R.Yu. Smertnost' ot boleznei sistemy krovoobrashcheniya v Rossii i v ekonomicheski razvitykh stranakh. Neobkhodimost' usileniya kardiologicheskoi sluzhby i modernizatsiya meditsinskoj statistiki v Rossiiskoi Federatsii (Analiticheskii obzor ofitsial'nykh dannykh Goskomstata, MZ i SR Rossii, VOZ i ekspertnykh otsenok po probleme) [Cardiovascular disease mortality in Russia and developed countries: need for strengthening cardiology service and modernizing medical statistics in the Russian Federation (analytical review of official data from the state statistical committee, ministry of health of the Russian Federation, World Health Organization, and expert analyses)]. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*, 2005, no. 2, pp. 5–7 (in Russian).
9. Didigova R.T., Inarokova A.M., Imagozheva M.Ya., Mamedov M.N. Sovremennye vzglyady na etiologiyu i diagnostiku ishemicheskoi bolezni serdtsa [Current Opinions About Etiology and Diagnosis of Coronary Heart Disease]. *Lechebnoe delo*, 2011, no. 4, pp. 11–17 (in Russian).
10. Pozdnyakov Yu.M., Martsevich S.Yu., Koltunov I.E., Urinskii A.M. Stabil'naya stenokardiya [Stable pectoris]. *Kardiologiya: natsional'noe rukovodstvo*. In: Yu.N. Belenkova, R.G. Organova, eds. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2007, pp. 636–664 (in Russian).
11. Chazov E.I. Puti snizheniya smertnosti ot serdechno-sosudistykh zabolevaniy [How to reduce mortality from cardiovascular diseases]. *Terapevticheskii arkhiv*, 2008, no. 8, pp. 11–16 (in Russian).
12. Shvaikova I.N., Stashevskii P.S. Algoritmy formirovaniya diagnosticheskikh reshenii [Algorithms for diagnostic solutions creation APEP-2010]. *Aktual'nye problemy elektronnoy priborostroeniya APEP-2010: materialy VIII Mezhdunarodnoi konferentsii*, Novosibirsk, 2010, vol. 5, pp. 122–127 (in Russian).

13. Mureddu G.F., Drandimarte F., Faggiano P. [et al.]. Between risk charts and imaging: how should we stratify cardiovascular risk in clinical practice? *Eur. Heart. J. Cardiovasc. Imaging.*, 2013, vol. 14, no. 5, pp. 401–416.

14. Conroy R.M., Pyörälä K., Fitzgerald A.P., Sans S., Menotti A., De Backer G., De Bacquer D., Ducimetière P., Jousilahti P., Keil U., Njølstad I., Oganov R.G., Thomsen T., Tunstall-Pedoe H., Tverdal A., Wedel H., Whincup P., Wilhelmsen L., Graham I.M.. Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project. *Eur. Heart. J.*, 2003, vol. 24, no. 11, pp. 987–1003.

15. Graham I. [et al.]. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: full text. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.*, 2007, no. 2, pp. 1–113.

16. Ge Y., Wang T.J. Identifying novel biomarkers for cardiovascular disease risk prediction. *J. Intern. Med.*, 2012, vol. 272, no. 5, pp. 430–439.

17. Ragino Yu., Kashtanova E., Chernjavski A., Polonskaia Ya., Voevoda M. Relationship of osteonectin level with inflammatory, oxidative and lipid biomarkers in blood in coronary atherosclerosis and its complication. *Abstr. XIII HURO World Congress*, Madrid, 2014, pp. 207.

18. Zannad F., De Backer G., Graham I. [et al.]. Risk stratification in cardiovascular disease primary prevention – scoring systems, novel markers, and imaging techniques. *Fundam. Clin. Pharmacol.*, 2012, vol. 26, no. 2, pp. 163–174.

Yakovina I.N., Bannova N.A., Kashtanova E.V., Polonskaia Ya.V., Ragino Yu.I. New techniques and models for assessing ischemic heart disease risks. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 40–47. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.05.eng

Получена: 26.06.2017

Принята: 16.08.2017

Опубликована: 30.09.2017

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 614.1/7: 612.017

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.06

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ И РИСКИ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ У ТРУДОВЫХ МИГРАНТОВ ИЗ ТАДЖИКИСТАНА

М. Ходжиев, **Н.Ф. Измеров**, И.В. Бухтияров

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

Представлены результаты физиологических исследований девяти профессиональных групп мигрантов, прибывших из южных республик Средней Азии в Московский регион РФ. Изучены характеристики адаптационного процесса у трудовых мигрантов по показателям сердечно-сосудистой системы и нервно-мышечного аппарата. Выявлены особенности регуляции вариабельности сердечного ритма (изменение стресс-индекса SI, величин АМо, мощности спектра VLF, показателя PARS) у мигрантов в зависимости от нервно-эмоционального характера трудовой деятельности и величины мышечных нагрузок. Установлено выраженное снижение динамометрических показателей выносливости и максимальной работоспособности мышц рук и станových мышц корпуса и ног к концу работы. Разработан способ определения стадий адаптационного процесса при сочетанном воздействии физической тяжести и нервно-эмоциональной напряженности труда, при этом неудовлетворительная адаптация повышает риски нарушений здоровья. Показано, что длительное и интенсивное воздействие факторов, обуславливающих тяжесть трудового процесса, является причиной развития профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) и периферической нервной системы (ПНС). Установлено, что с повышением напряженности труда возрастает рабочее напряжение организма, которое может перейти в перенапряжение и развитие производственно-обусловленных заболеваний (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, невротические расстройства). Характерной особенностью является то, что у мужчин выше процент патологии сердечно-сосудистой системы, а у женщин – нервной системы. В этой связи прогнозирование вероятности развития профессионально обусловленной патологии в зависимости от уровня напряженности труда следует осуществлять отдельно для мужчин и женщин.

Оптимизация процессов адаптации должна идти по пути организации рационального режима труда и отдыха, формирования здорового образа жизни, улучшения медицинского обслуживания мигрантов.

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

Проблема трудовой миграции в России обусловлена, с одной стороны, актуальностью привлечения дополнительной рабочей силы для постперестроечного развития народного хозяйства России и эффективного использования людских ресурсов в работе всех отраслей промышленности, сельского хозяйства, коммунальной сферы. С другой стороны, у граждан из бывших республик СССР (из Средней Азии) существует необходимость выезда на заработки в различные регионы Российской Федерации, включая Москву и Московскую область [12, 13].

Понятие об адаптации как о процессе приспособления организма к внешней среде широко используется в биологии и медицине. Изучение адаптации человека к новым факторам среды и нарушений состояния здоровья привлекало внимание многих исследователей. В рамках общей физиологии и физиологии труда сформулирована теория о последовательности развития адаптивных сдвигов в организме под влиянием повышенных нагрузок [1]. Последовательность в развитии адаптационных процессов предусматривала чередование опре-

© Ходжиев М., **Измеров Н.Ф.**, Бухтияров И.В., 2017

Ходжиев Махмадамин – кандидат медицинских наук, докторант (e-mail: amin.dok@mail.ru; тел.: 8 (968) 585-12-95).

Измеров Николай Федотович – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель.

Бухтияров Игорь Валентинович – директор, заведующий лабораторией физиологии труда и профилактической эргономики, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН (e-mail: niimt@niimt.ru; тел.: 8 (495) 365-02-09).

деленных стадий функционального состояния, срыв адаптации приводил к повышенному риску формирования патологических нарушений. Н.А. Агаджанян наблюдал особенности адаптационного процесса к условиям высокогорья и гипоксии, которые нашли отражение в более экономических реакциях сердечно-сосудистой системы у коренных жителей Таджикистана по сравнению с приезжими [2]. С.Г. Кривошеков изучал адаптацию здоровых мигрантов к условиям приполярных районов (Среднее Приобье) при обычном и вахтовом режиме трудовой деятельности, в результате чего была сформулирована научная концепция адаптации человека на Севере [10]. Известно, что адаптация к новому месту жительства не проходит бесследно для здоровья – на организм трудовых мигрантов, работающих на различных территориях РФ, воздействуют вредные факторы окружающей среды и трудового процесса. Ю.В. Мойкин с соавт. [8] выявил обострение хронических заболеваний у строителей БАМа, прибывших из южных территорий Украины и Молдавии, в первые месяцы пребывания на экологически неблагоприятной территории Сибири. Было показано, что значительные физические нагрузки регионального и общего характера у строителей могут явиться причиной развития профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата и нервно-мышечной системы.

Неблагоприятные социально-психологические условия у трудовых мигрантов связаны с повышенными требованиями работы, с отсутствием возможности участия в корректировке трудового процесса (низким контролем на рабочем месте) и незначительной (малой) социальной поддержкой трудовых мигрантов [7]. Это может привести к формированию стресса на рабочем месте [4, 15, 18], повышает риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы [14, 17, 19]. Профессиональный стресс, связанный с переутомлением, истощением ЦНС, а также перенапряжением функций, может явиться причиной формирования невротических расстройств – важной составляющей проблемы психического здоровья [5].

В последние годы существенно возрос интерес к изучению особенностей адаптации различных групп трудовых мигрантов, формируется новое направление в физиологии и медицине труда, что связано и с более широким пониманием адаптационного процесса, затрагивающего все стороны жизни человека. Анализ литературы показал, что в настоящее время

недостаточно данных по исследованию адаптационно-приспособительных реакций у трудовых мигрантов к особенностям трудовой деятельности, новым социально-психологическим условиям, а также анализу рисков нарушения здоровья. При этом большое значение в формировании функционального состояния организма имеет уровень интенсивности и особенности отдельных характеристик трудовых нагрузок для каждой профессиональной группы трудовых мигрантов. Особенно это актуально для молодежи, приезжающей на работу как в качестве трудовых мигрантов, так и для учебы в вузах в качестве студентов.

Цель работы – научно обосновать физиологические особенности адаптации мигрантов из Республики Таджикистан к производственным, социально-психологическим и природно-климатическим условиям Московского региона и разработать мероприятия медико-социального сопровождения трудовых мигрантов.

Материалы и методы. Исследования в производственных условиях проведены на шести профессиональных группах мужчин (строители-арматурщики, строители-монтажники, метростроевцы, работники дорожной сети, работники плодоовощного склада, работники плодоовощного рынка) и трех группах женщин, занятых в социальной сфере: (домработницы, сиделки, няни), которые подбирались с учетом физических и нервно-эмоциональных нагрузок.

В исследованиях принимали участия студенты Московского горного института и Таджикского государственного медицинского университета, профессионально занимающиеся различными видами спорта (волейбол, мини-футбол, вольная борьба, бокс, тхэквондо, пулевая стрельба) в возрасте 18–25 лет ($21,5 \pm 0,9$ г.). Основными периодами обследования были тренировочный и соревновательный. Всего обследовано 139 человек.

Профессиографическая оценка тяжести труда (ТТ) и напряженности трудового процесса (НТ) проводилась по руководству Р 2.2.2006-05 [11], физиологические исследования включали ручную и станковую динамометрию, тремометрию, определение индекса функциональных изменений системы кровообращения – ИФИ [9], анализ variability сердечного ритма (ВСР) – по общепринятым методам [3, 6, 16].

Результаты и их обсуждение. Физиологические исследования трудовых мигрантов были направлены на изучение функционального состояния нервно-мышечной системы как

профессионально значимой в обеспечении надежности работы изучаемых групп. У арматурщиков наблюдалось снижение динамометрических показателей в динамике смены, особенно отчетливо проявляющееся к концу работы. Так, если в первой половине смены, к обеденному перерыву, выносливость мышц кисти руки к статическому усилию снижалась на 11,2 %, то к концу смены снижение выносливости было более значительным и достигало 28,5 %, ($p \leq 0,05$), что превышает физиологические нормы напряжения организма при физическом труде: при общих мышечных нагрузках до 20 %.

Проведенные исследования показали, что за время обеденного перерыва не происходит восстановления изучаемых показателей. Интегральный показатель динамометрии – максимальная мышечная работоспособность (ММР) – также снижается в динамике смены и к концу работы снижение составляет 31,8 % по сравнению с данными, полученными в начале смены. Подобные изменения динамометрических показателей могут свидетельствовать о развитии напряжения нервно-мышечного аппарата (НМА) рук, обусловленного физической тяжестью выполняемой работы. Одновременно со снижением динамометрических показателей резко (в 2,5 раза) увеличивается тремор рук. Так, если в начале смены число касаний за 30 секунд составляло $9,7 \pm 1,16$, то к концу работы оно достигало $29,8 \pm 2,13$ ($p \leq 0,05$).

Принимая во внимание, что работа арматурщиков связана с частым нахождением в неудобных рабочих позах (до 50 % времени смены) и характеризуется глубокими наклонами корпуса, было интересно проследить за

изменением показателей динамометрии мышц, участвующих в поддержании рабочей позы. Наблюдалось к концу работы снижение силы на 15,9 %, выносливости – на 25,6 %, а интегрального показателя ММР – на 37,9 % (рис. 1). Следовательно, можно заключить, что под влиянием работы у арматурщиков (вязчиков) в динамике смены развивается напряжение и перенапряжение нервно-мышечной системы организма работающих.

Данные физиологических исследований показывают, что у монтажников в течение смены отмечается закономерное снижение максимальной силы мышц кисти к статическому усилию, которое к концу работы достигало 6,2 %. Одновременно со снижением максимальной силы отмечалось уменьшение выносливости на 9,0 % к обеденному перерыву и на 14,5 % – к концу работы. Рассчитанный интегральный показатель ММР также снижался в течение смены: к обеденному перерыву на 22,4 %, а к концу работы – на 21,6 % ($p \leq 0,05$). Указанные изменения динамометрических показателей могут свидетельствовать о развивающемся напряжении нервно-мышечного аппарата рук монтажников (вязчиков), обусловленном выполнением значительного числа локальных движений при укреплении проволокой (вязке) строительных конструкций.

Работа монтажников характеризуется подготовкой опорной поверхности, подачей панелей к месту установки, строповкой панелей на месте складирования и другими операциями, требующими вовлечения в работу больших мышечных групп. Проведенные исследования силы и выносливости стеновых мышц корпуса и ног

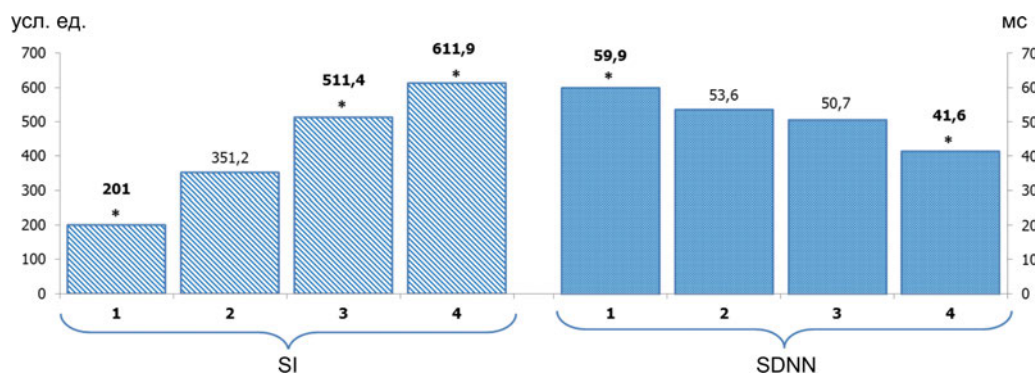


Рис. 1. Показатели стресс-индекса (SI) и суммарной вариабельности сердечного ритма (SDNN) у трудовых мигрантов различных профессиональных групп в зависимости от класса тяжести труда:

1 – работники плодоовощного рынка (класс 3.1); 2 – работники дорожной сети (класс 3.2);

3 – строители-арматурщики (класс 3.3); 4 – метростроевцы-проходчики (класс 3.3).

* $p < 0,05$ – статистически достоверные изменения по сравнению с 1-й группой

в динамике смены показали снижение силы, а также выносливости стеновых мышц. К концу работы сила снижается на 9,2 %, выносливость – на 21,8 %, а интегральный показатель ММР – на 28,9 % ($p \leq 0,05$), т.е. в динамике смены развивается напряжение и перенапряжение нервно-мышечной системы организма работающих.

Подобные изменения динамометрических показателей могут свидетельствовать о развитии напряжения и перенапряжения нервно-мышечного аппарата, обусловленного физической тяжестью выполняемой работы. В процессе работы и в конце рабочего дня мигранты жаловались на боли в различных частях тела, включая мышцы рук и ног, и общую усталость.

Исследование функционального состояния НМА трудовых мигранток-женщин в динамике рабочего дня показало, что максимальная сила правой работающей руки имела тенденцию к снижению в конце смены по сравнению с началом. Выносливость к статическому усилию достоверно снижалась к концу рабочего дня, по сравнению с дорабочим уровнем, на 29,3 % у домработниц и сиделок и на 28,2 % – у женщин, работающих нянями ($p \leq 0,05$). Статистически значимое снижение максимальной мышечной работоспособности отмечалось уже через 4 часа работы, а к концу рабочего дня это снижение составило: 34,0; 28,9; 31,0 % от исходной величины соответственно.

Выраженное статическое напряжение мышц поясничной области, обусловленное выполнением рабочих операций в неудобной позе, которая характеризовалась углом наклона 45° от вертикали, женщинами, занятыми в социальной сфере, получило отражение в отрицательной динамике показателей стеновой динамометрии. У мигранток, работающих домработницами, максимальная работоспособность стеновых мышц снижалась к концу работы на 49,7 %, сиделками – на 35,3 %; нянями – на 32,7 % от исходного уровня ($p \leq 0,05$).

Выявленные изменения динамометрических показателей в динамике смены и глубина физиологических сдвигов свидетельствуют о развитии напряжения и перенапряжения НМА рук и стеновых мышц у трудовых мигранток. Первые признаки напряжения появляются уже спустя 4 часа после начала работы. К концу рабочего дня напряжение нервно-мышечного аппарата имеет выраженный характер.

Результаты проведенных исследований позволили установить зависимость между степенью тяжести и напряженности труда и харак-

тером изменений артериального давления и частоты сердечных сокращений. Оценки индекса функциональных изменений (ИФИ) и его средние данные за смену свидетельствовали о том, что в группах арматурщиков с более выраженным уровнем производственной нагрузки отмечаются и большие величины ИФИ. Так, средние данные ИФИ у арматурщиков составляли $3,09 \pm 0,07$, у монтажников $3,31 \pm 0,06$, у метростроевцев $3,20 \pm 0,08$ балла, а у работников плодоовощного рынка $2,69 \pm 0,10$ балла. Наблюдались значимые различия между группами ($p \leq 0,05$). В напряженные часы работы у строителей и к концу смены четко отмечалось снижение функциональных возможностей системы кровообращения, формирование неудовлетворительной адаптации. При работе со значительно меньшей трудовой нагрузкой у работников рынка развивалось состояние функционального напряжения.

Результаты проведенных исследований вариабельности сердечного ритма (ВСР) выявили достоверные различия показателей стресс-индекса – SI (индекса напряжения) – у работников различных профессиональных групп в зависимости от класса тяжести труда. Как видно из рис. 1, отмечалось возрастание его значений от $201,0 \pm 14,9$ усл. ед. при классе ТТ 3.1 (работники плодоовощного рынка) до $511,4 \pm 13,6$ (строители-арматурщики) и $611,9 \pm 25,7$ усл. ед. (метростроевцы-проходчики) при классе 3.3. По-видимому, наблюдалось увеличение активности центральных механизмов регуляции при подавлении автономного контура у работников с классом тяжести труда 3.3, что указывает на напряжение физиологических резервов организма.

Подтверждением этого явилось значимое уменьшение суммарной вариабельности кардиоинтервалов – SDNN у проходчиков Метростроя, физическая тяжесть труда которых соответствовала вредному 3-му классу 3-й степени. Показатель составил $41,6 \pm 2,01$ против $59,87 \pm 1,55$ мс у работников рынка (класс ТТ 3.1). По мнению Р.М. Баевского, полученные материалы свидетельствуют о снижении активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Достаточно информативным оказался индекс централизации (IC) при анализе результатов исследований у работников с различным уровнем физических нагрузок (рис. 2). Полученные результаты согласуются с изменениями показателя автокорреляционной функции (ССО) и свидетельствуют о повышении центральных механизмов в регуляции сердечного ритма при

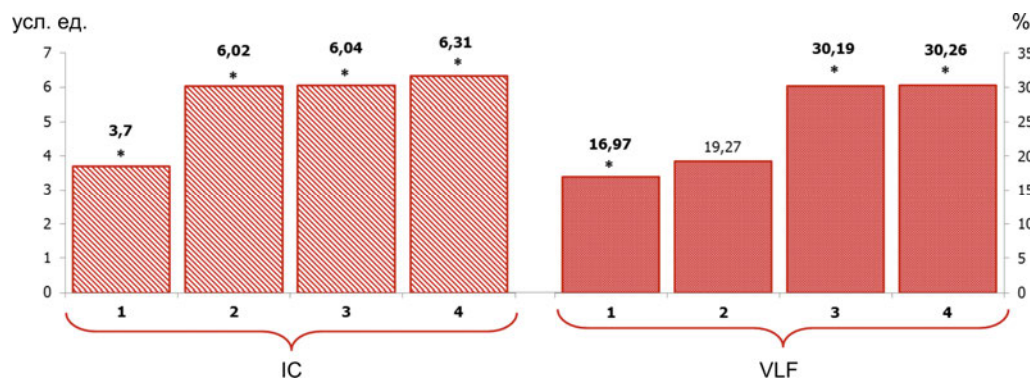


Рис. 2. Показатели индекса централизации (IC) и относительной мощности спектра очень низкочастотного компонента (VLF, %) ВСР у трудовых мигрантов различных профессиональных групп в зависимости от класса тяжести труда: 1 – работники плодоовощного рынка (класс 3.1); 2 – работники дорожной сети (класс 3.2); 3 – строители-арматурщики (класс 3.3); 4 – метростроевцы-проходчики (класс 3.3). * $p < 0,05$ – статистически достоверные изменения по сравнению с 1-й группой

высокой степени тяжести труда. Анализ частотных характеристик ВСР выявил у строителей и работников Мосметростроя выраженное увеличение мощности спектра очень низкочастотного компонента (VLF) при одновременном возрастании ЧСС (до 91,5 уд./мин), что свидетельствует о высоком уровне симпатической активации.

Показатель активности регуляторных систем (PARS) выявил достаточное напряжение процессов адаптации у трудовых мигрантов. Так, у женщин-мигранток, занятых в социальной сфере, показатель колебался в пределах $4,74 \pm 0,54$ – $5,85 \pm 0,64$ усл. ед. Это указывает на формирование состояния выраженного напряжения регуляторных систем, которое связано с активной мобилизацией защитных механизмов, в том числе с повышением активности симпатико-адреналового звена. Значения PARS, полученные у работников Мосметростроя ($6,21 \pm 0,82$ балла), строителей-монтажников ($6,0 \pm 0,90$), позволили отнести функциональное состояние организма к состоянию перенапряжения регуляторных систем (табл. 1).

Для этого состояния характерна недостаточность защитно-приспособительных механизмов, их неспособность обеспечить адекватную реакцию организма на воздействие факторов трудового процесса и производственной среды. В этом случае избыточная активация регуляторных систем не подкрепляется соответствующими функциональными резервами.

Для выявления типа регуляции кровообращения (гипо-, гипер- и эукинетический) полученные величины минутного объема крови и периферического сопротивления сопоставлены с должными значениями этих параметров [2].

Результаты исследований позволили выявить преобладание гиперкинетического типа кровообращения у трудовых мигрантов. При этом превышение МО над ДМО составило более 10 %, а снижение ПС по сравнению с ДПС – также более 10 %. Гиперкинетический (сердечный) тип кровообращения характеризуется увеличением сердечного выброса (минутного объема крови) при сниженном периферическом сопротивлении. У некоторых мигрантов преобладал эукинетический тип регуляции, который сопровождается некоторым падением периферического сосудистого сопротивления. При этом колебания МО над ДМО и ПС над ДПС находились в пределах $\pm 10,0$ %.

Индивидуальный анализ особенностей гемодинамики позволил установить процентное распределение лиц с различными типами кровообращения соответственно группам обследования (табл. 2). Наибольший процент лиц неблагоприятного гипокинетического типа гемодинамики наблюдался у мигрантов, работающих на крупных стройках Москвы и в Мосметрострое: $36,9 \pm 6,8$ и $39,3 \pm 9,2$ % соответственно.

В этих группах мигрантов наблюдалось также значительное число лиц с гиперкинетическим типом регуляции кровообращения, которое составило у мигрантов 1-й группы $34,2 \pm 6,5$ %, у мигрантов 2-й группы – $32,1 \pm 8,8$ %. Полученные результаты свидетельствуют о более выраженной лабильности функционирования сердечно-сосудистой системы у мигрантов, что согласуется с результатами вариабельности сердечного ритма.

Таким образом, проведенные исследования показали, что у трудовых мигрантов появляются

Таблица 1

Некоторые показатели вариабельности сердечного ритма у мигрантов различных профессиональных групп

Показатель	Группа									$p < 0,05$
	строители арматурщи- ки	строители монтажни- ки	метро- строевцы	работники дорожной сети	работники плодо- овощного склада	работники плодо- овощного рынка	работники социальной сферы			
	1	2	3	4	5	6	домработ- ницы	сиделки	няни	
SDNN, мс	50,70 ± 1,61	41,72 ± 1,86	41,60 ± 2,01	53,56 ± 1,91	56,81 ± 1,57	59,87 ± 1,55	52,52 ± 1,65	48,88 ± 152	50,44 ± 2,17	$p_{2-6,3-6}$
SI, усл.ед.	511,4 ± 13,6	546,4 ± 23,5	611,9 ± 25,7	351,2 ± 25,8	255,9 ± 17,9	201,0 ± 14,9	389,0 ± 15,6	451,5 ± 19,6	357,7 ± 20,4	$p_{1-6, 2-6, 3-6, 4-6, 5-6, 6-7, 6-8, 6-9}$
ССО	6,85 ± 0,24	6,29 ± 0,81	5,68 ± 0,92	5,50 ± 1,80	5,99 ± 1,42	2,98 ± 0,31	4,36 ± 0,79	4,62 ± 0,92	5,39 ± 1,03	$p_{1-6, 2-6, 3-6, 6-9}$
TP, мс ²	1946,9 ± 147,5	1188,9 ± 155,6	1468,0 ± 175,3	1853,9 ± 250,3	2339,8 ± 176,1	2739,6 ± 197,7	2122,7 ± 202,1	1829,8 ± 219,4	1978,0 ± 179,1	$p_{1-6, 2-6, 3-6, 4-6, 6-8, 6-9}$
HF, %	17,20 ± 1,95	18,46 ± 1,60	17,15 ± 0,90	23,45 ± 2,11	21,89 ± 2,44	50,22 ± 4,50	39,0 ± 2,86	27,15 ± 2,27	29,31 ± 1,27	$p_{1-6, 2-6, 3-6, 4-6, 5-6, 6-8, 6-9}$
VLF, %	30,19 ± 2,42	30,69 ± 1,78	30,26 ± 2,04	19,27 ± 1,25	28,39 ± 2,58	16,97 ± 1,89	22,14 ± 2,17	20,78 ± 1,50	21,80 ± 1,92	$p_{1-6, 2-6, 3-6, 5-6}$
IC, усл.ед.	6,04 ± 0,61	7,58 ± 1,11	6,31 ± 0,95	6,02 ± 0,85	6,0 ± 1,02	3,70 ± 0,91	5,18 ± 0,60	5,29 ± 1,01	5,59 ± 0,70	$p_{1-6, 2-6, 3-6}$
PARC, усл.ед.	5,57 ± 0,79	6,0 ± 0,90	6,21 ± 0,82	5,56 ± 0,69	4,88 ± 0,42	4,05 ± 0,62	4,74 ± 0,54	5,29 ± 0,71	5,85 ± 0,64	p_{3-6}

Таблица 2

Результаты исследования типа кровообращения у мигрантов различных профессиональных групп

Тип кровообращения	Группа обследуемых				
	строители арматурщи- ки, монтажники	метростроевцы- проходчики	работники дорожной сети	работники плодоовощного склада	работники рынка
	1	2	3	4	5
Гиперкинетический	34,2 ± 6,5	32,1 ± 8,8	49,0 ± 8,7	42,8 ± 6,1	54,1 ± 7,4
Эукинетический	28,9 ± 7,1	28,6 ± 8,5	27,2 ± 11,5	40,8 ± 11,1	37,0 ± 12,4
Гипокинетический	36,9 ± 6,8*	39,3 ± 9,2*	23,8 ± 9,9	16,4 ± 4,4	8,9 ± 9,2*

Примечание: – * $p \leq 0,05$ по сравнению с 5-й группой (работники рынка).

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

Функциональная проба с фиксированием темпов дыхания (ФТД6, ФТД12) была направлена на выявление физиологических резервов сердечно-сосудистой деятельности и адаптационных реакций организма человека. При дыхании с частотой 10 циклов в минуту (ФТД6) происходило увеличение мощности волн высокой частоты (HF) в диапазоне 0,15–0,25 Гц, что принимает форму узкой высокоамплитудной волны. Это трактуется большинством исследователей как эффект стимуляции блуждающего нерва.

При более редком и глубоком дыхании – с частотой 5 циклов в минуту (ФТД12) – отмечалось достоверное уменьшение ЧСС, АМО, SI и показателей, характеризующих дыхательные волны. При этом наблюдалось достоверное увеличение SDNN. Повышение мощности волн низкой частоты (LF) при дыхании с частотой 5 цик-

лов в минуту отмечалось в форме высокоамплитудного пика в диапазоне 0,05–0,15 Гц.

Использование проб с фиксированным темпом дыхания выявило два основных типа реакции, которые не зависят от пола и места постоянного проживания. Первый тип реакции характеризуется тем, что при ФТД6 отмечается увеличение степени напряжения регуляторных систем организма с последующим снижением при ФТД12. Второй тип реакции характеризуется постепенным уменьшением напряжения при ФТД6 и ФТД12.

При проведенном спектральном анализе изменения относительных значений составляющих спектра при пробе кардиореспираторной системы с ФТД характеризовались достоверным увеличением высокочастотного компонента спектра (HF) при ФТД6 и его подавлением при ФТД12; уменьшением низкочастотной составляющей спектра (LF) при ФТД6 и возрастанием при ФТД12.

Реакция сердечно-сосудистой системы на функциональную пробу с фиксированным темпом дыхания (ФТД) у мигрантов-таджиков понижена по сравнению с русскими, проживающими в Московской области. Это также свидетельствует об имеющихся физиологических особенностях адаптивных реакций в зависимости от климато-географических условий проживания в высокогорных районах страны-донора, обеспечивающих повышенное насыщение крови кислородом и возрастание сократительной способности миокарда.

Проведен анализ результатов исследований соревновательного стресса по показателям вариабельности сердечного ритма (ВСР) у представителей различных групп студентов, занимающихся профессионально разными видами спорта. Сравнительный анализ показателей ВСР, полученных до и после соревновательной нагрузки, выявил значительные изменения в реакциях сердечно-сосудистой системы во всех исследуемых группах.

Наибольшие изменения претерпевал стресс-индекс (SI): во всех группах, кроме спортсменов-стрелков, реакция на соревновательную нагрузку была однотипной, но с излишней силой ее проявления. Разным был и предстартовый уровень напряжения регуляторных систем как у отдельных спортсменов, так и у представителей различных видов спорта.

Самый низкий SI до соревнований был отмечен у волейболистов и футболистов, то есть у представителей игровых командных видов

спорта. В тех видах спорта, где успех в соревнованиях зависит от индивидуальных усилий спортсмена, т.е. в единоборствах, SI до начала соревнований был значительно выше.

Наиболее высокие абсолютные значения SI как до, так и после соревнований были зарегистрированы у боксеров, что, видимо, обусловлено уровнем экстремальности данного вида спорта.

Проводилось обоснование степени адаптации организма при сочетанном воздействии тяжести и напряженности труда по результатам физиологических исследований представителей различных социальных групп (трудовые мигранты, студенты и студентки, профессионально занимающиеся спортом). Полученные данные позволили обосновать определение стадий адаптационного процесса по результатам анализа взаимосвязи факторов трудового процесса и физиологических показателей (динамометрические показатели и данные вегетативного обеспечения организма).

Корреляционный анализ факторов физической тяжести и нервно-эмоциональной напряженности труда с физиологическими показателями нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системы позволил распределить их по ранговым местам. Центральное место в этой системе занимает тяжесть труда, остальные показатели по очередности распределялись следующим образом: рабочая поза (в 93,3 % статистически значимо связана с физиологическими показателями), статическая нагрузка (80,0 %), напряженность труда (73,3 %), эмоциональная нагрузка (66,7 %).

Результаты исследований позволили обосновать количественную оценку степени напряжения адаптационных реакций организма человека при физическом и нервно-эмоциональном труде, которая включала расчет величины снижения показателей нервно-мышечного аппарата НМА (процент сдвига от исходного) и изменений среднесменных уровней показателей сердечно-сосудистой системы от нормативных и должных величин (в процентах).

С помощью регрессионного анализа в результате оценки данных изменения процесса адаптации у большого количества работающих людей к концу рабочей смены по показателям нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системы выведена формула для определения уровня напряжения адаптационных реакций организма человека (подготовлена заявка на изобретение). Выделены стадии адаптационного

процесса организма работника при трудовом процессе: саморегуляция (оптимальное напряжение), активация (допустимое напряжение), мобилизация 1-й, 2-й, 3-й степени (перенапряжение 1-й, 2-й, 3-й степени).

Длительное и интенсивное воздействие факторов, обуславливающих тяжесть трудового процесса, является причиной развития профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) и периферической нервной системы (ПНС).

Анализ данных физиолого-клинических исследований позволил выявить зависимость частоты случаев профессиональных заболеваний ПНС и ОДА у обследованных профессиональных групп от тяжести трудового процесса (в соответствии с классом условий труда по Р 22.2006-05), которая описывается уравнением логарифмической регрессии.

Физический труд, связанный с локальными мышечными нагрузками, например у монтажников, характеризуется выполнением большого количества (от 4 до 130 тысяч движений за смену) мелких стереотипных движений пальцами рук, что и определяет характер и глубину функциональных сдвигов и патологических нарушений. Множественный регрессионный анализ показал наличие положительной корреляционной связи ($p < 0,01$) между: а) числом выполняемых движений за смену и степенью утомления нервно-мышечной системы работающих ($r = 0,96$); б) числом движений за смену и частотой профессиональных заболеваний ПНС и ОДА ($r = 0,92$); в) степенью утомления нервно-мышечного аппарата и частотой профессиональной патологии ($r = 0,72$).

Проведенный расчет зависимости частоты случаев профессиональных заболеваний от класса тяжести труда при мышечной нагрузке локального характера показал, что при оптимальном – 1-м классе тяжести труда – и выполнении до 20 тысяч локальных движений за смену профессиональные заболевания (патологические нарушения ПНС и ОДА) встречаются в единичных (до 2 %) случаях, при допустимом – 2-м классе условий труда (40 тысяч движений) – в 2,1–13,0 %. При тяжелом труде – классе условий труда 3.1 (до 60 тысяч движений) – профессиональные заболевания встречаются в 13,1–20,0 %; при классе 3.2 (более 60 тысяч движений) – в 20,1–28,0 %, при классе 3.3 – более 28 % случаев.

Изучение физического труда, связанного с региональными и общими мышечными на-

грузками, показало, что факторы трудового процесса, определяющие тяжесть труда (масса поднимаемого и перемещаемого груза, величина динамической и статической нагрузки, число движений, время нахождения в физиологически нерациональных позах и др.), существенно различаются в различных профессиональных группах. Комплексные физиолого-клинические исследования выявили тесную зависимость степени развивающегося утомления нервно-мышечной системы, а также характера и глубины патологических нарушений ПНС и ОДА от величины физических нагрузок. Результаты множественного линейного регрессионного анализа показали наличие достоверной ($p < 0,001$) корреляционной взаимосвязи изучаемых физиологических показателей с воздействием указанных выше факторов тяжести труда; коэффициент корреляции с выносливостью мышц составил +0,79, биоэлектрической активностью мышц при работе +0,92, частотой сердечных сокращений +0,88.

Проведенный расчет зависимости частоты случаев (ретроспективный анализ 2318 случаев) профессиональных заболеваний от класса тяжести трудового процесса при мышечной нагрузке регионального и общего характера позволил определить уравнение регрессии. Из уравнения следует, что при оптимальном – 1-м классе – тяжести труда вероятность частоты профессиональных заболеваний составила не более 6 %. При 2-м классе условий труда (допустимом) частота патологических нарушений не превышает 17,0 % случаев. При вредном (тяжелом) труде (класс 3.1) профессиональные заболевания встречались в 17,1–28,0 %; при классе условий труда 3.2 – в 28,1–37,0 %; при классе 3.3 – более 37 % случаев.

С повышением величины интегрального показателя НТ существенно возрастает общее рабочее напряжение организма работающих, которое может перейти в перенапряжение, а в последующем к развитию производственно-обусловленных заболеваний. На примере ряда профессиональных групп проведен корреляционный анализ между процентом выявленных лиц с некоторыми формами общесоматической патологии и уровнем напряженности трудового процесса. Обнаружена высокая прямая взаимосвязь между величиной интегрального показателя и процентом лиц с установленной патологией: гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца и невротические расстройства (общее число), т.е. чем

выше величина НТ, тем больше профессиональный риск развития указанной патологии. Проведенный регрессионный анализ показал, что независимо от формы выявленной патологии эта зависимость выражается в виде логарифмического уравнения.

Результаты клинических исследований этих профессиональных групп свидетельствуют, что чем выше категория НТ, тем больше процент выявленных лиц с той или другой патологией. Так, гипертоническая болезнь наблюдалась при 2-м классе НТ у женщин в пределах 6,0–6,6 %, при классе 3.1: у женщин – 9,77–13,0 %, у мужчин – 10,77–18,9 %; при классе 3.2: у женщин – 17,3–21,6 %, у мужчин – 27,0–27,3 %. Ишемическая болезнь сердца соответственно выявлена при 2-м классе НТ у женщин – 0,9–3,2 %, при классе 3.1 – 1,1–4,3 % (у мужчин – 8,0–8,4 %), при классе 3.2 – 10,3–11,2 % (у мужчин – до 32,5 %). Такая же закономерность установлена и по общему числу невротических нарушений: при 2-м классе – 18,9–34,7 %, при классе 3.1 – 44,7–45,4 % (у мужчин – 12,1–24,4 %), при классе 3.2 – 50,9–69,6 % (у мужчин – до 34,3 %). Характерной особенностью является то, что у мужчин выше процент патологии сердечно-сосудистой системы, а у женщин – нервной системы, что не противоречит литературным данным. В этой связи прогнозирование вероятности развития профессионально обусловленной патологии в зависимости от уровня напряженности труда следует осуществлять отдельно для мужчин и женщин. Рассчитанные уровни вероятности (%) развития производственно-обусловленной патологии практически полностью совпадают с данными результатов комплексных профессиографических и физиолого-клинических исследований.

Разработаны научно обоснованные рекомендации по медико-социальному сопровождению трудовых мигрантов: учебно-образовательные мероприятия; профессиональный отбор и профориентация; рациональные режимы труда и отдыха, формирование мотивации к здоровому образу жизни; лечебно-диагностические мероприятия; дополнения к законодательным мерам для трудовых мигрантов.

Выводы. Доказана информативность показателя ВСР в сочетании с функциональными пробами для характеристики особенностей регуляции вегетативных функций и уровня стресса. Характер напряжения регуляторных систем организма по показателям ВСР зависит от особенностей трудового процесса, климато-геогра-

фических условий среды, стрессовых ситуаций социального и профессионального генеза, связанных с социально-психологической жизнью трудовых мигрантов.

Результаты активности симпатического звена регуляции у трудовых мигрантов показывают, что адаптационный синдром напряжения по физиологическим показателям выражается в изменении variability сердечного ритма: различных уровнях стресс-индекса (SI), связанных с высокими физическими (мышечными), нервно-эмоциональными нагрузками; выраженном увеличении мощности спектра очень низкочастотного компонента (VLF) при одновременном возрастании ЧСС.

Определены стадии функционального состояния организма и степени адаптации по показателю активности регуляторных систем – PARS (оптимальное – $1,19 \pm 0,28$; допустимое напряжение – $40,5 \pm 0,62$; перенапряжение – $6,21 \pm 0,82$ балла).

Установленные различия у коренных русских жителей и мигрантов-таджиков в значениях: суммарного показателя variability сердечного ритма SDNN: $63,76 \pm 2,80$ и $56,25 \pm 1,62$ мс соответственно; очень низкочастотной компоненты спектра VLF: $14,51 \pm 0,81$ и $19,54 \pm 2,94$ %; низкочастотной составляющей спектра LF: $50,61 \pm 1,72$ и $35,38 \pm 2,10$ % – подтверждают, что явление биологической адаптации наследственно обусловлено и формировалось в процессе длительного исторического периода.

В результате сравнительно-физиологических исследований установлено, что процесс адаптации осуществляется, включая различные механизмы: увеличение мощности составляющих спектра или увеличение времени обработки информации, или скорости передачи информации, на что указывают данные динамики периодов волн различной частоты при тесте с фиксированным темпом дыхания. При использовании функциональных проб с фиксированным темпом дыхания выявлено, что для мигрантов-таджиков независимо от пола характерен меньший размах колебаний показателей ВСР при дыхательной пробе, что свидетельствует об экономичности реакции сердечно-сосудистой системы на пробу с ФТД.

Разработанные стандарты физического развития с учетом пола и возраста позволяют с физиологических позиций обосновать нормативные требования к организации рабочего места студента в современных условиях компьютеризации учебного процесса для повышения ра-

ботоспособности и сохранения их здоровья. Изучение личностных характеристик и особенностей темперамента выявило различия показателей variability сердечного ритма у студентов с разным уровнем интроверсии – экстраверсии. Они заключались в достоверном увеличении SI, AMO и снижении SDNN, TP, LF с ростом выраженности экстраверсии.

Научно обоснованы и разработаны количественные оценки пяти степеней напряжения адаптации работника к трудовому процессу, связанному с сочетанным воздействием физической тяжести и нервно-эмоциональной на-

пряженности труда на организм человека: стадии саморегуляции (оптимальное напряжение), активации (допустимое напряжения), мобилизации 1-й, 2-й, 3-й степени (перенапряжение 1-й, 2-й, 3-й степени).

Профилактика нарушений здоровья для сохранения трудового долголетия мигрантов требует разработки мероприятий медико-социального сопровождения с учетом функциональной перестройки физиологических регуляторных механизмов организма, соответствующей стадии мобилизации адаптационного процесса 2-й и 3-й степени.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Экологическая физиология: проблема адаптации и стратегия выживания // Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы X Международного симпозиума. – М., 2001. – С. 5–16.
2. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 208 с.
3. Бухтияров И.В., Матюхин В.В., Рубцов М.Ю. Профессиональный стресс в свете реализации глобального плана действий по здоровью работающих // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 3. – С. 53–55. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.014
4. В помощь практическому врачу. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–87.
5. Измеров Н.Ф., Липенецкая Т.Д., Матюхин В.В. Стресс на производстве как важная составляющая проблемы психического здоровья в обществе // Российский психиатрический журнал. – 2005. – № 2. – С. 12–16.
6. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы: справочник / под ред. Т.С. Виноградовой. – М.: Медицина, 1986. – 416 с.
7. К вопросу о физиологической адаптации строителей, прибывших из южных районов страны к условиям Восточного участка БАМ / Ю.В. Мойкин, О.И. Юшкова, Л.А. Белицкая, В.В. Иванов // Адаптация человека в различных климато-географических и производственных условиях: материалы 111 Всесоюзной конференции. – Ашхабад, 1981. – С. 38–40.
8. Калинина С.А. Роль психосоциальных факторов в формировании профессионального стресса у работников с различной степенью напряженности труда // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2007. – № 6. – С. 44–49.
9. Оптимизация функционального состояния организма в физкультурно-оздоровительном центре промышленного предприятия: методические рекомендации / под ред. Р.М. Баевского. – М., 1988. – 23 с.
10. Особенности энергообмена и эффективности мышечной работы у человека при адаптации / С.Г. Кривошеков, Т.В. Нешумова, А.А. Разуменко, Ю.А. Татауров // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1989. – № 1. – С. 62–66.
11. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 142 с.
12. Трудовая миграция и вопросы здравоохранения: материалы «круглых столов» [Электронный ресурс]. – М.: Бюро международной организации по миграции в Москве, 2010. – 56 с. – URL: http://moscow.iom.int/russian/publications/trudmigrac_and_zdravoohranenie-mod2.pdf (дата обращения: 18.06.2017).
13. Тюрюканова Е.В. Женщины-мигранты из стран СНГ в России. – М.: МАКС Пресс. – 2011. – 125 с.
14. Belkic K., Landsberqis P.A. Is job strain a major source of cardiovascular risk // Scand. J. Work Environ. Health. – 2004. – Vol. 30, № 2. – P. 85–128.
15. Changes in job strain in relation to changes in physiological state / T. Theorell, A. Perski, T. Akershtedt [et al.] // Scand. J. Work Environ. Health. – 2013. – Vol. 14. – P. 189–196.
16. Heart rate variability. Standards of Measurement, physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043–1065.
17. Kivimak M., Leonon-Arjas P. Work stress and risk of coronary mortality: prospective cohort study of industrial employees // British. Medical. Journal. – 2002. – № 3. – P. 857–863.

18. Levi L. Stress and distress in response to psychosocial stimuli // Acta. Med. Scand. – 1972. – Vol. 191, № 528. – 166 p.

19. Weder Alan B., Schock Nicholas J. Adaptation, algometry and hypertension // Hypertension. – 1994. – Vol. 24, № 2. – P. 145–146.

Ходжиев М., Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В. Результаты оценки физиологической адаптации и риски нарушений здоровья у трудовых мигрантов из Таджикистана // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 48–59. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.06

UDC 614.1/7:612.017

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.06.eng

RESULTS OF PHYSIOLOGICAL ADAPTATION ASSESSMENT AND HEALTH RISKS FOR LABOR MIGRANTS FROM TAJIKISTAN

M. Khodzhiev, N.F. Izmerov, I.V. Bukhtiyarov

Scientific Research Institute for Labor Medicine, 31 Budennogo Av., Moscow, 105275, Russian Federation

The paper focuses on the results of physiological research performed on 9 occupational groups of migrants who came to Moscow region of Russia from southern Central Asia republics. We studied adaptation processes characteristics in labor migrants as per cardiovascular system parameters and neuromuscular apparatus parameters. We revealed peculiarities in heart rate variability (changes in stress index SI, values of AMo, VLF spectrum power, PARS parameter) in migrants depending on neuro-emotional nature of working activity and muscular loads intensity. We detected apparent decrease in dynamometric parameters of endurance and maximum working capacity of arms muscles and backbones and legs muscles by the end of their working day. We created a procedure to determine an adaptation process stage under combined effects exerted by labor physical hardness and neuro-emotional intensity; unsatisfactory adaptation increases health disorders risks. We showed that long-term and intense impacts by factors determining labor process hardness caused occupational diseases of musculoskeletal system and peripheral nervous system. We revealed that as labor intensity grew working stress in a body also increased and it could transform into overstrain and occupational diseases evolvement (primary hypertension, ischemic heart diseases, and neurotic disorders). A distinctive feature is that men suffer from cardiovascular system pathologies more frequently while women tend to suffer from nervous system pathologies. In this relation, we should make separate predictions of occupational pathology probability depending on labor intensity level for males and females.

Adaptation processes optimization should include organization of rational work and rest regime, healthy lifestyle formation, improvements in medical aid for migrants.

Key words: migrants, neuro-emotional nature of labor, muscular loads, адаптация, heart rate variability, healthy lifestyle.

References

1. Agadzhanian N.A. Ekologicheskaya fiziologiya: problema adaptatsii i strategiya vyzhivaniya [Ecological physiology: adaptation issues and survival strategy]. *Ekologo-fiziologicheskie problemy adaptatsii: materialy Kh mezhdunarodnogo simpoziuma [Ecological and physiological adaptation issues: materials of X international conference]*. Moscow, 2001, pp.5–16 (in Russian).

2. Agadzhanian N.A., Shabatura N.N. Bioritmy, sport, zdorov'e [Biorhythms, sport, health]. Moscow, Fizkul'tura i sport, Publ., 1989, 208 p. (in Russian).

© Khodzhiev M., **Izmerov N.F.**, Bukhtiyarov I.V., 2017

Makhmadamin Khodzhiev – Candidate of Medical Sciences, working for a doctor's degree (e-mail: amin.dok@mail.ru; tel.: +7 (968) 585-12-95).

Nikolay F. Izmerov – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Supervisor.

Igor' V. Bukhtiyarov – Director, Head of Laboratory for Labor Physiology and Preventive Ergonomics, Doctor of Medical Sciences, Professor, a Corresponding Member of the Russia Academy of Sciences (e-mail: niimt@niimt.ru; tel.: +7 (495) 365-02-09).

3. Bukhtiyarov I.V., Matyukhin V.V., Rubtsov M.Yu. Professional'nyi stress v svete reali-zatsii global'nogo plana deistvii po zdorov'yu rabotayushchikh [Occupational stress in light of who global plan of action on workers' health implementation]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2016, no.3, pp. 53–55. Doi: 10.18454/IRJ.2016.45.014 (in Russian).
4. Baevskii P.M., Ivanov G.G. [i dr.]. V pomoshch' prakticheskomu vrachu. Analiz variabel'-nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh si-stem: metodicheskie rekomendatsii [For a practitioner's assistance. heart rate variability analysis with the use of various electrocardiographic systems: methodical guidelines]. *Vestnik aritmologii*, 2001, no. 24, pp. 65–87 (in Russian).
5. Izmerov N.F., Lipenetskaya T.D., Matyukhin V.V. Stress na proizvodstve kak vazhnaya so-stavlyayushchaya problema psikhicheskogo zdorov'ya v obshchestve [Stress at a working place as an important component of psychological health in a society]. *Rossiiskii psikhiatricheskii zhurnal*, 2005, no. 2, pp. 12–16 (in Russian).
6. Instrumental'nye metody issledovaniya serdechno-sosudistoi sistemy: spravochnik [Instrumental techniques for cardiovascular diseases research: reference book]. In: T.S. Vinogradova, ed. Moscow, Meditsina, Publ., 1986, 416 p. (in Russian).
7. Moikin Yu.V., Yushkova O.I., Belitskaya L.A., Ivanov V.V. K voprosu o fiziologicheskoi adaptatsii stroitelei, pribyvshikh iz yuzhnykh raionov strany k usloviyam Vostochnogo uchastka BAM [On an issue of physiological adaptation of builders who came from the southern regions to participate in construction of the Eastern section of Baikal-Amur Railroad]. *Adaptatsiya cheloveka v razlichnykh klimato-geograficheskikh i proizvod-stvennykh usloviyakh: materialy 111 Vsesoyuznoi konferentsii [Adaptation of a man in various climatic and geographic conditions and working conditions: Materials of 111 USSR conference]*. Ashkhabad, 1981, pp. 38–40 (in Russian).
8. Kalinina S.A. Rol' psikho-sotsial'nykh faktorov v formirovanii professional'nogo stressa u rabotnikov s razlichnoi stepen'yu napryazhennosti truda [The role of psychological and social factors in establishment of professional stress of workers with different labor intensity]. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya Biologiya i ekologiya*, 2007, no. 6, pp. 44–49 (in Russian).
9. Optimizatsiya funktsional'nogo sostoyaniya organizma v fizkul'turno-ozdorovitel'nom tsentre promyshlennogo predpriyatiya: metodicheskie rekomendatsii [Optimization of a body functional state in a physical training and health center of an industrial enterprise: Methodical guidelines]. In: R.M. Baevskoi, ed. Moscow, 1988, 23 p. (in Russian).
10. Krivoshchekov S.G., Neshumova T.V., Razumenko A.A., Tataurov Yu.A. Osobennosti energo-obmena i effektivnosti myshechnoi raboty u cheloveka pri adaptatsii [Peculiarities of energy metabolism and muscular work efficiency in a man during adaptation]. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina*, 1989, no. 1, pp. 62–66 (in Russian).
11. R 2.2.2006-05. Rukovodstvo po gigienicheskoi otsenke faktorov rabochei sredy i tru-dovogo protsesssa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda [Guidelines on hygienic assessment of working process factors and working environment factors. Working conditions criteria and classification]. Moscow, Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, Publ., 2005, 142 p. (in Russian).
12. Trudovaya migratsiya i voprosy zdavoookhraneniya: materialy «kruglykh stolov» [Labor migration and issues of public healthcare: Materials collected at "round tables"]. Moscow, Byuro Mezhdunarodnoi Organizatsii po Migratsii v Moskve, Publ., 2010, 56 p. Available at: http://moscow.iom.int/russian/publications/trudmigrac_and_zdravoohranenie-mod2.pdf (18.06.2017) (in Russian).
13. Tyuryukanova E.V. Zhenshchiny-migranty iz stran SNG v Rossii [Female migrants from the CIS countries in Russia]. Moscow, MAKS Press, Publ., 2011, 125 p. (in Russian).
14. Belkic K., Landsberqis P.A. Is job strain a major source of cardiovascular risk. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2004, vol.30, no. 2, pp. 85–128.
15. Theorell T., Perski A., Akershtedt T. [et al.]. Changes in job strain in relation to changes in physiological state. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2013, vol. 14, pp. 189–196.
16. Heart rate variability. Standards of Measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 1996, vol.93, pp. 1043–1065.
17. Kivimäki M., Leonon-Arjas P. Work stress and risk of coronary mortality: prospective cohort study of industrial employees. *British Medical Journal*, 2002, no. 3, pp. 857–863.
18. Levi L. Stress and distress in response to psychosocial stimuli. *Acta. Med. Scand*, 1972, vol.191, no. 528, 166 p.
19. Weder Alan B., Schock Nicholas J. Adaptation, algometry and hypertension. *Hypertension*, 1994, vol.24, no.2, pp. 145–146.

Khodzhiyev M., Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V. Results of physiological adaptation assessmnt and health risks for labor migrants from tajikistan. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 48–59. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.06.eng

Получена: 31.07.2017

Принята: 19.09.2017

Опубликована: 30.09.2017

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 614.71: 612.017.1-053.6

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ РЕАКЦИИ МИГРАЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ ОТ УРОВНЯ ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Л.Б. Маснавиева, И.В. Кудаева, В.С. Рукавишников

Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Россия, 665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, 3

В настоящее время аллергическими заболеваниями страдает каждый четвертый человек, а распространенность аллергопатологии продолжает расти. В воздушной среде присутствуют соединения, которые обладают общетоксическим, сенсибилизирующим и аллергенным действием на организм. К их числу относятся формальдегид и диоксид азота. Целью исследования явилось выявление связи между выраженностью реакции торможения миграции лейкоцитов на формальдегид и уровнем ингаляционного воздействия изучаемых химических соединений. Обследовано 410 подростков, постоянно проживающих в промышленных центрах Иркутской области. Изучена индивидуальная ингаляционная нагрузка формальдегидом и диоксидом азота. Проведена оценка содержания эозинофилов в назальной слизи и определены индексы торможения миграции лейкоцитов крови на формальдегид. Установлено, что у 54 % обследованных подростков индекс опасности воздействия формальдегидом превышал 1. Наибольшее значение коэффициента опасности воздействия данным соединением составило 1,76. Индекс опасности воздействия диоксидом азота у обследованных не превышал 0,7. Полученные результаты указывают на влияние ингаляционной нагрузки формальдегидом и формирование к нему сенсибилизации у подростков промышленных городов. Установлено, что истинная реакция торможения миграции лейкоцитов в реакции с формальдегидом чаще проявлялась у индивидуумов, имеющих коэффициент опасности воздействия данным токсикантом менее 1. Получены модели, описывающие зависимость степени сенсибилизации к формальдегиду и количества эозинофилов в назальной слизи в зависимости от уровня изучаемых поллютантов в воздушной среде. Выявленная сенсибилизация организма подростков к химическим веществам, загрязняющим воздушную среду, обуславливает необходимость проведения мероприятий, направленных на снижение риска развития у них аллергопатологии.

Ключевые слова: подростки, формальдегид, диоксид азота, ингаляционная нагрузка, реакция торможения миграции лейкоцитов, риноцитограмма, эозинофилы.

В последние десятилетия увеличивается распространенность аллергических заболеваний, которыми страдает уже каждый четвертый человек [11, 14]. Установлено, что в промышленных городах и экологически неблагоприятных регионах частота встречаемости аллергопатологии выше [6, 7, 11, 15, 17, 18]. При этом отмечается увеличение случаев развития аллергонепереносимости к различным химическим веществам, в том числе достаточно инертным

[2], а также выявлена способность экополлютантов выступать в качестве аллергенов и сенсибилизирующих агентов [3, 12]. К последним может быть отнесен формальдегид, обладающий общетоксическим, сенсибилизирующим и аллергенным действиями на организм [6, 13, 16, 18, 19]. Выявлено, что в промышленных городах Восточной Сибири, где в суммарном индексе опасности ингаляционного воздействия 14 % принадлежит диоксиду азота, 9–18 % –

© Маснавиева Л.Б., Кудаева И.В., Рукавишников В.С., 2017

Маснавиева Людмила Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунобиохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене (e-mail: Masnavieva_Luda@mail.ru; тел.: 8 (3955) 55-96-63; 8 (964) 657-11-62).

Кудаева Ирина Валерьевна – доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунобиохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене, заведующий клинико-диагностической лабораторией (e-mail: Kudaeva_Irina@mail.ru; тел. 8 (3955) 55-96-63; 8 (914) 883-88-63).

Рукавишников Виктор Степанович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: rvs_2010@mail.ru; тел. 8 (3955) 55-40-77).

формальдегиду [8], 28–36 % детей страдают аллергическим ринитом или бронхиальной астмой [1]. Следует учесть, что в настоящее время отсутствуют данные, доказывающие наличие сенсибилизирующего действия у одного из приоритетных экополлютантов – диоксида азота, однако формирование чувствительности к нему может быть обусловлено развитием окислительного стресса и следующим за ним каскадом про- и противовоспалительных процессов, вызванных воздействием данных веществ. Проведенными ранее исследованиями была установлена высокая частота сенсибилизации к формальдегиду и нитриту натрия у детей, проживающих в промышленных городах с большой распространенностью аллергопатологии [4]. В то же время доказательства роли данных экологических факторов в развитии этих заболеваний отсутствуют.

В связи с этим **целью исследования** явилось выявление связи между выраженностью реакции торможения миграции лейкоцитов на формальдегид и уровнем ингаляционного воздействия химическими соединениями.

Материалы и методы. В обследование были включены 410 подростков в возрасте 14–17 лет, постоянно проживающих в промышленных центрах Иркутской области (г. Ангарск и Саянск), после подписания их родителями (законными представителями) информированного согласия.

Оценка качества атмосферного воздуха была осуществлена по данным стационарных постов Гидрометеослужбы, расположенных в г. Ангарске и Саянске. В пробах воздуха жилых и учебных помещений, отбор которых был выполнен сотрудниками ФГБНУ ВСИМЭИ (канд. биол. наук Л.Г. Лисецкая и канд. биол. наук Н.А. Тараненко), изучено содержание диоксидов серы и азота, оксида углерода, формальдегида и взвешенных веществ. При расчете индивидуальной химической нагрузки на организм подростков формальдегида и диоксида азота использовали данные о содержании примесей в атмосферном воздухе, в воздухе жилых и учебных помещений, информацию об организации учебного процесса и отдыха учащихся (анкетирование выполнено сотрудником ФГБНУ ВСИМЭИ канд. мед. наук И.В. Мыльниковой), антропометрические и спирометрические параметры (по данным медицинского обследования врачами клиники ФГБНУ ВСИМЭИ) [8]. Индивидуальные коэффициенты опасности ингаляционного воздействия химических соединений были рассчитаны в соответствии с руководством [10].

Исследование назальной слизи (риноцитограмма) осуществлялось общепринятым методом микроскопии. Расчет количества эозинофилов в мазках проводился на 100 подсчитанных клеток. Реакцию торможения миграции лейкоцитов (РТМЛ) осуществляли с использованием планшетов Costar по методике, описанной ранее, с добавлением хемокинетического фактора – формальдегида [9]. Подбор концентраций химического митогена для проведения РТМЛ производили экспериментальным путем. Индекс миграции (ИМ) вычисляли по соотношению размеров колоний тестируемых образцов к интактному контролю и выражали в процентах. Значения ИМ, выходящие за пределы диапазона (–20...+20 %), считали положительными.

Анализ результатов исследований осуществляли при помощи программы Statistica 6.0 непараметрическими методами – ранговой корреляции Спирмена (r), U -критерия Манна–Уитни. Сравнение частот отклонений от нормы содержания изучаемых показателей проводили с использованием метода распространенности признака в выборке. Для оценки влияния химических факторов на значение ИМ в РТМЛ применялась нелинейная регрессия с пошаговым включением. Во всех случаях различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Учитывая исследования, проведенные ранее на территории изучаемых промышленных городов, которыми было установлено, что наибольший вклад в формирование риска нарушений иммунной системы вносят формальдегид и диоксид азота [5, 8], был осуществлен расчет индивидуальной экспозиционной нагрузки указанными соединениями на организм подростков.

Коэффициенты опасности (HQ) воздействия формальдегида варьировались от 0,6 до 1,76, диоксида азота – от 0,05 до 0,59. В соответствии со значениями HQ воздействия загрязнителей воздушной среды обследованные подростки были разделены на группы. Подростки со значениями HQ воздействия формальдегида менее 1 вошли в группу I_{ФА} (190 подростков), с уровнем 1 и выше – в группу II_{ФА} (220 школьников).

Установлено, что количество эозинофилов в назальной слизи, повышение которых свидетельствует об аллергической настроенности организма, у групп подростков с различным уровнем ингаляционной нагрузки формальдегидом не различалось (табл. 1). Обращает на себя внимание тот факт, что отклик организма на формальдегид отмечен у 40 % обследованных, что

указывает на наличие у них сенсibilизации к данному веществу. При этом среднегрупповое значение ИМ на формальдегид у школьников с HQ воздействия данного токсиканта ≥ 1 было статистически значимо выше, чем у их сверстников с HQ до 1. Следует отметить, что в группе I_{FA} статистически значимо чаще встречались случаи торможения миграции лейкоцитов (33,9 %) и в два раза реже выявлялись случаи активации (10,7 %) по сравнению с группой II_{FA} (17,0 %, $p = 0,01$ и 21,8 %, $p = 0,08$ соответственно).

Деление на группы обследованных в соответствии с HQ воздействия диоксида азота (NO_2) осуществляли следующим образом: 104 человека со значениями данного показателя менее 0,3 вошли в группу I_{NO_2} , 306 школьников с уровнем ингаляционной нагрузки диоксидом азота 0,3 и выше составили группу II_{NO_2} .

При анализе относительного содержания эозинофилов в назальной слизи у подростков с различным HQ воздействия диоксида азота было выявлено, что их количество у школьников II_{NO_2} группы было выше, чем в I_{NO_2} (табл. 2). Обращает на себя внимание тот факт, что при делении обследуемых на группы в зависимости от HQ воздействия диоксида азота характер ответной реакции лейкоцитов на формальдегид в реакции торможения имел противоположную направленность по сравнению с группами I_{FA} и II_{FA} . Так, увеличение экспозиционной нагрузки диоксидом азота приводило к изменению ИМ на формальдегид со значений, свидетельствующих об активации миграции лейкоцитов (I_{NO_2} группа), на значения, характеризующие реакцию как торможение (II_{NO_2}).

Анализ корреляционных связей позволил установить наличие ассоциации слабой силы между HQ воздействия формальдегида, HQ воздействия диоксида азота и ИМ на формальдегид ($R = 0,18$, $p = 0,01$ и $R = -0,19$, $p = 0,01$ соответственно). При помощи регрессионного анализа было выявлено, что содержание эозинофилов в назальной слизи подростков зависит от ингаляционной нагрузки как формальдегидом, так и диоксидом азота. Уравнение, описывающее эту зависимость, имело следующий вид: $\text{ЭОЗ} = 71,57 - 0,13HQ_{NO_2} - 2,86HQ_{FA} + 2,68(HQ_{NO_2})^2$, где ЭОЗ – относительное содержание эозинофилов в назальной слизи, HQ_{NO_2} – HQ воздействия диоксидом азота, HQ_{FA} – HQ воздействия формальдегидом. Для данной модели $F(3,353) = 4,923$, $p < 0,002$, $R = 0,20$, $R^2 = 0,04$, скорректированный $R^2 = 0,03$.

Таблица 1

Показатели аллергической настроенности и сенсibilизации организма у подростков с различной ингаляционной нагрузкой формальдегидом, Med (LQ–UQ)

Показатель	Группа I_{FA}	Группа II_{FA}	p
Содержание эозинофилов в назальной слизи, %	2,00 (0,00–10,00)	1,00 (0,00–10,00)	0,082
Индекс миграции лейкоцитов в реакции на формальдегид, %	-9,13 (-26,55–-1,93)	0,00 (-13,78–18,15)	0,001

Таблица 2

Показатели аллергической настроенности и сенсibilизации организма у подростков с различной ингаляционной нагрузкой диоксидом азота, Med (LQ–UQ)

Показатель	Группа I_{NO_2}	Группа II_{NO_2}	p
Содержание эозинофилов в назальной слизи, %	0,00 (0,00–8,00)	2,00 (0,00–11,00)	0,004
Индекс миграции лейкоцитов в реакции на формальдегид, %	3,36 (-8,16–18,15)	-6,62 (-20,09–8,00)	0,006

Также были получены модели, описывающие зависимость степени сенсibilизации к формальдегиду от химической ингаляционной нагрузки изучаемыми соединениями. $ИМ_{FA} = 56,29 + 2,00(HQ_{FA})^2 - 0,32(HQ_{NO_2})^2 - 1,55HQ_{FA}$, где $ИМ_{FA}$ – ИМ на формальдегид, HQ_{NO_2} – HQ воздействия диоксидом азота, HQ_{FA} – HQ воздействия формальдегидом. Для модели определения $ИМ_{FA}$ $F(3,197) = 3,921$, $p < 0,009$, $R = 0,24$, $R^2 = 0,06$, скорректированный $R^2 = 0,04$.

Выводы. Полученные результаты доказывают факт влияния ингаляционной нагрузки формальдегидом на наличие к нему сенсibilизации у подростков промышленных городов. Истинная реакция торможения миграции лейкоцитов к формальдегиду чаще проявляется у индивидуумов, имеющих HQ данным токсикантом < 1 , к нитриту натрия – у школьников с уровнем HQ воздействия диоксида азота более 0,3. Детерминированность индекса миграции лейкоцитов в реакции на формальдегид и содержание эозинофилов в назальной слизи не имеет линейного характера и зависит не только от нагрузки формальдегидом, но и от

уровня поступления в организм диоксида азота, что свидетельствует в пользу предположения о косвенном влиянии данного поллютанта на уровень сенсibilизации и аллергизации организма.

Выявленная сенсibilизация организма подростков к химическим веществам, загряз-

няющим воздушную среду помещений и атмосферный воздух, обуславливает необходимость проведения мероприятий, направленных на снижение химической ингаляционной нагрузки и риска развития аллергопатологии, связанных с образом жизни, питанием и т.д.

Список литературы

1. Абраматец Е.А., Ефимова Н.В. Некоторые эпидемиологические аспекты аллергопатологии у подростков промышленных центров // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2011. – Т. 105, № 6. – С. 216–218.
2. Диагностика аллергонепереносимости протезных материалов / К.А. Лебедев, И.Д. Понякина, А.В. Митронин, Л.Г. Саган, И.Ю. Гончаров, М.И. Годунова // Российский стоматологический журнал. – 2005. – № 6. – С. 25–32.
3. Дугева Л.А., Карамышева А.В. Реакция специфической дегрануляции тучных клеток брыжейки крыс и морских свинок как новый тест для оценки аллергической активности химических веществ [Электронный ресурс] // Токсикологический вестник. – 2001. – № 4. – С. 19–23. – URL: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=62265> (дата обращения: 08.06.2017).
4. Кудалева И.В., Маснабиева Л.Б. Результаты лабораторных методов диагностики аллергопатологии у подростков промышленных центров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11–2. – С. 287–290.
5. Маснабиева Л.Б., Ефимова Н.В., Кудалева И.В. Оценка химического риска здоровью подростков и уровня специфических аутоантител // Гигиена и санитария. – 2016. – № 8. – С. 738–743.
6. Овсянников Н.В., Ляпин В.А., Авдеев С.Н. Загрязнение окружающей среды и заболеваемость бронхиальной астмой взрослого населения крупного промышленного города // Казанский медицинский журнал. – 2011. – № 4. – С. 577–581.
7. Особенности кардиальных нарушений у детей с хроническими заболеваниями органов дыхания, ассоциированными с аэрогенным воздействием химических факторов среды обитания / О.А. Маклакова, О.Ю. Устинова, Е.С. Беляева, А.А. Щербаков // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 1. – С. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2016.1.05
8. Оценка степени загрязненности воздуха и патология верхних дыхательных путей у подростков урбанизированных территорий Иркутской области / Л.Г. Лисецкая, Л.А. Дедкова, И.В. Тихонова, Н.А. Тараненко // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2013. – Т. 91, № 3–1. – С. 91–95.
9. Применение иммунобиохимических показателей для выявления хронической патологии верхних дыхательных путей / Л.Б. Маснабиева, И.В. Кудалева, Н.В. Ефимова, Л.А. Бударина, И.В. Тихонова // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 124–127.
10. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
11. Хаитов Р. М., Ильина Н.И. Аллергические болезни в России на рубеже веков. Оценка ситуации в XXI веке: обзор // Профилактическая и клиническая медицина. – 2005. – № 1. – С. 170–176.
12. Химическая сенсibilизация к солям хрома и формальдегида девочек-подростков / Д.И. Шапошников, М.М. Падруль, С.В. Польшгалова, И.В. Гомзякова, И.П. Корюкина, Г.П. Вдовина // Российский педиатрический журнал. – 2002. – № 1. – С. 21–24.
13. Air pollution interacts with past episodes of bronchiolitis in the development of asthma / B.J. Kim, J.H. Seo, Y.H. Jung, H.Y. Kim, J.W. Kwon, H.B. Kim, Y. Lee, S. Park, J. Yu, H.C. Kim, J.H. Leem, J.Y. Lee, J. Sakong, S.Y. Kim, C.G. Lee, D.M. Kang, M. Ha, Y.C. Hong, H.J. Kwon, S.J. Hong // Allergy. – 2013. – Vol. 68, № 4. – P. 517–523.
14. Increasing prevalence of asthma, respiratory symptoms, and allergic diseases: Four repeated surveys from 1993–2014 / G. Brozek, J. Lawson, D. Szumilas, J. Zejda // Respir. Med. – 2015. – Vol. 109, № 8. – P. 982–990.
15. Occupational Exposure to Urban Air Pollution and Allergic Diseases / L. Vimercati, M.F. Gatti, A. Baldassarre, E. Nettis, N. Favia, M. Palma, G.L. Martina, E. Di Leo, M. Musti // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2015. – Vol. 12, № 10. – P. 12977–12987. DOI: 10.3390/ijerph121012977
16. Sensitization to Formaldehyde in Northeastern Italy, 1996 to 2012. / A. Prodi, F. Rui, A. Belloni Fortina, M.T. Corradin, F. Larese Filon // Dermatitis. – 2016. – Vol. 27, № 1. – P. 21–25.
17. Shirinde J., Wichmann J., Voyi K. Allergic rhinitis, rhinoconjunctivitis and hayfever symptoms among children are associated with frequency of truck traffic near residences: a cross sectional study // Environ Health. – 2015. – Vol. 26, № 14. – P. 84. DOI: 10.1186/s12940-015-0072-1

18. The health of children in the industrialized / I.V. Yatsyna, E.L. Sineva, A.V. Tulakin, I.Y. Zhadan, E.A. Preobrazhenskaya, E.O. Sarancha // *Gig. Sanit.* – 2015. – Vol. 94, № 5. – P. 39–44.

19. Xiang R., Xu Y. Effect of formaldehyde inhalation on allergic rhinitis in mice // *Lin. Chung. Er. Bi. Yan. Hou. Tou. Jing. Wai. Ke. Za. Zhi.* – 2015. – Vol. 29, № 16. – P. 1467–1471.

Маснавијева Л.Б., Кудяева И.В., Рукавишников В.С. Оценка зависимости реакции миграции лейкоцитов от уровня ингаляционного воздействия приоритетных загрязнителей воздушной среды // Анализ риска здоровья. – 2017. – № 3. – С. 60–65. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07

UDC 614.71:612.017.1-053.6

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07.eng

ASSESSMENT OF CORRELATION BETWEEN LEUCOCYTES MIGRATION REACTION AND LEVEL OF INHALATION EXPOSURE TO PRIORITY AIR CONTAMINANTS

L.B. Masnavieva, I.V. Kudaeva, V.S. Rukavishnikov

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 12a microdistrict, 3, Angarsk, 665827, Russian Federation

Nowadays each forth person suffers from allergic diseases and allergic pathology prevalence is constantly growing. There are compounds in air which are generally toxic, or have sensitizing or allergenic effects on a body. For example, we can name formaldehyde and nitrogen dioxide. Our research goal was to reveal a correlation between reaction of leucocytes migration inhibition to formaldehyde and level of inhalation exposure to the examined chemicals. We examined 410 teenagers who permanently lived in industrial cities in Irkutsk region. We studied individual load as per formaldehyde and nitrogen dioxide. We estimated eosinophils content in nasal mucus and determined indexes of leucocytes migration inhibition to formaldehyde. Index of formaldehyde effects danger was detected to exceed 1 in 54% teenagers. The greatest value of danger coefficient in terms of exposure to this substance was equal to 1.76. anger index in terms of exposure to nitrogen dioxide didn't exceed 0.7 in the examined teenagers. The obtained results prove that inhalation formaldehyde load influences teenagers from industrial centers as sensitization to this substance evolves in them. We found out that true inhibition reaction of leucocytes migration in a reaction with formaldehyde more frequently occurred in people with danger index in terms of exposure to this substance being lower than 1. We obtained models which described correlation between level of sensitization to formaldehyde and a number of eosinophils in nasal mucus and it allowed us to detect that sensitization depended on the examined contaminants content in the air. The sensitization to chemical air contaminants which we revealed in teenagers calls for necessary activities aimed at reducing risks of allergenic pathology evolvement in them.

Key words: teenagers, formaldehyde, nitrogen dioxide, inhalation load, reaction of leucocytes migration inhibition, rhinocytogram, eosinophils.

References

1. Abramtets E.A., Efimova N.V. Nekotorye epidemiologicheskie aspekty allergopatologii u podrostkov promyshlennykh tsentrov [Some epidemiological aspect of allergopathology in teen-agers living in industrial centres]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*, 2011, vol.105, no. 6, pp. 216–218 (in Russian).

2. Lebedev K.A., Ponyakina I.D., Mitronin A.V., Sagan L.G., Goncharov I.Yu., Godunova M.I. Diagnostika allergoneperenosimosti proteznykh materialov [Diagnostics of allergic intolerance to prosthetic materials]. *Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal*, 2005, no. 6, pp.25–32 (in Russian).

© Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Rukavishnikov V.S., 2017

Liudmila B. Masnavieva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at Laboratory for Immune-biochemical and molecular-genetic research in hygiene (e-mail: Masnavieva_Luda@mail.ru; tel. +7(3955)55-96-63; +7 (964) 657-11-62).

Irina V. Kudaeva – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at Laboratory for Immune-biochemical and molecular-genetic research in hygiene, Head of Clinical-diagnostics laboratory (e-mail: Kudaeva_Ilina@mail.ru; tel.:+7 (3955)55-96-63; +7 (914) 883-88-63).

Viktor S. Rukavishnikov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sconces, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: rvs_2010@mail.ru; tel.:+7 (3955) 55-40-77).

3. Dueva L.A., Karamysheva A.V. Reaktsiya spetsificheskoi degranulyatsii tuchnykh kletok bryzheiki krysa i morskikh svinok kak novyi test dlya otsenki allergicheskoi aktivnosti khimicheskikh veshchestv [Reaction of mastocytes specific degranulation in mesentery of rats and cavies as a new test to assess chemicals allergic activity]. *Toksikologicheskii vestnik*, 2001, no. 4, pp. 19–23. Available at: <http://www.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=62265> (08.06.2017) (in Russian).
4. Kudaeva I.V., Masnavieva L.B. Rezul'taty laboratornykh metodov diagnostiki allergopatologii u podrostkov promyshlennykh tseftrov [Results of laboratory methods for diagnosis of allergy adolescents living in the industrial centers]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014, no. 11–2, pp. 287–290 (in Russian).
5. Masnavieva L.B., Efimova N.V., Kudaeva I.V. Otsenka khimicheskogo riska zdorov'yu podrostkov i urovnya spetsificheskikh autoantitel [Individual risks to adolescent health, caused by contaminating the air, and their relationship with the levels of specific autoantibodies]. *Gigiya i sanitariya*, 2016, no. 8, pp. 738–743.
6. Ovsyannikov N.V., Lyapin V.A., Avdeev S.N. Zagryaznenie Okruzhayushchei sredy i zabolevaemost' bronkhial'noi astmoi vzroslogo naseleniya krupnogo promyshlennogo goroda [Environmental pollution and the incidence bronchial asthma of the adult population of a large industrial city]. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*, 2011, no. 4, pp. 577–581 (in Russian).
7. Maklakova O.A., Ustinova O.Yu., Belyaeva E.S., Shcherbakov A.A. Osobennosti kardial'nykh narushenii u detei s khronicheskimi zabolevaniyami organov dykhaniya, assotsirovannymi s aerogennym vozdeistviem khimicheskikh faktorov sredy obitaniya [Features of cardiac disorders in children with chronic respiratory diseases associated with aerogenic exposure to chemical environmental factors]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2016, no. 1, pp. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2016.1.05.eng (in Russian).
8. Lisetskaya L.G., L.A. Dedkova, I.V. Tikhonova, N.A. Taranenko Otsenka stepeni zagryaznenosti vozdukhа i patologiya verkhnykh dykhatel'nykh putei u podrostkov urbanizirovannykh territorii Irkutskoi oblasti [Assessment of air contamination and upper respiratory tract pathology in teenagers living on urbanized areas of Irkutsk region]. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra SO RAMN*, 2013, vol. 91, no. 3–1, pp. 91–95 (in Russian).
9. Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Efimova N.V., Budarina L.A., Tikhonova I.V. Primenenie immunobiohimicheskikh pokazatelei dlya vyyavleniya khronicheskoi patologii verkhnykh dykhatel'nykh putei [Application of immuno-biochemical indices for the identification of the chronic pathology of the upper respiratory tract]. *Gigiya i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 5, pp. 124–127 (in Russian).
10. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu R 2.1.10.1920-04 [Guide to health risk assessment when exposed to chemicals polluting the environment 2.1.10.1920-04]. Moscow, Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, Publ., 2004, 143 p. (in Russian).
11. Khaitov R.M., Il'ina N.I. Allergicheskie bolezni v Rossii na rubezhe vekov. Otsenka situatsii v XXI veke: Obzor [Allergic diseases in Russia at the turn of the century: evaluation of the situation in XXI century]. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2005, no. 1, pp. 170–176 (in Russian).
12. Shaposhnikov D.I., Padrul' M.M., Polygalova S.V., Gomzyakova I.V., Koryukina I.P., Vdovina G.P. Khimicheskaya sensibilizatsiya k solyam khroma i formal'degida devochek-podrostkov [Chemical sensitization to chromium salts and formaldehyde teenage girls]. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*, 2002, no. 1, pp. 21–24 (in Russian).
13. Kim B.J., Seo J.H., Jung Y.H., Kim H.Y., Kwon J.W., Kim H.B., Lee Y., Park S., Yu J., Kim H.C., Leem J.H., Lee J.Y., Sakong J., Kim S.Y., Lee C.G., Kang D.M., Ha M., Hong Y.C., Kwon H.J., Hong S.J. Air pollution interacts with past episodes of bronchiolitis in the development of asthma. *Allergy*, 2013, vol. 68, no. 4, pp. 517–523.
14. Brozek G., Lawson J., Szumilas D., Zejda J. Increasing prevalence of asthma, respiratory symptoms, and allergic diseases: Four repeated surveys from 1993–2014. *Respir. Med.*, 2015, vol. 109, no. 8, pp. 982–990.
15. Vimercati L., Gatti M.F., Baldassarre A., Nettis E., Favia N., Palma M., Martina G.L., Di Leo E., Musti M. Occupational Exposure to Urban Air Pollution and Allergic Diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2015, vol. 12, no. 10, pp.12977–12987. DOI:10.3390/ijerph121012977
16. Prodi A., Rui F., Belloni Fortina A., Corradin M.T., Larese Filon F. Sensitization to Formaldehyde in Northeastern Italy, 1996 to 2012. *Dermatitis*, 2016, vol. 27, no. 1, pp. 21–25.
17. Shirinde J., Wichmann J., Voyi K. Allergic rhinitis, rhinoconjunctivitis and hayfever symptoms among children are associated with frequency of truck traffic near residences: a cross sectional study. *Environ Health*, 2015, vol. 26, no. 14, pp. 84. DOI:10.1186/s12940-015-0072-1
18. Yatsyna I.V., Sineva E.L., Tulakin A.V., Zhadan I.Y., Preobrazhenskaya E.A., Sarancha E.O. The health of children in the industrialized. *Gig. Sanit.*, 2015, vol. 94, no. 5, pp. 39–44.
19. Xiang R., Xu Y. Effect of formaldehyde inhalation on allergic rhinitis in mice. *Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*, 2015, vol. 29, no. 16, pp. 1467–1471.

Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Rukavishnikov V.S. Assessment of correlation between leucocytes migration reaction and level of inhalation exposure to priority air contaminants. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 3, pp. 60–65. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.07.eng

Получена: 05.06.2017

Принята: 16.08.2017

Опубликована: 30.09.2017

УДК 612.776.1

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.08

ОБОСНОВАНИЕ ФИЗИОЛОГО-ЭРГОНОМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РАЗВИТИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ С ВИДЕОДИСПЛЕЙНЫМИ ТЕРМИНАЛАМИ

В.В. Матюхин, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская, В.В. Елизарова

Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова, Россия, 105275,
г. Москва, пр-т Буденного, 31

Обследованы профессиональные группы пользователей видеодисплейных терминалов (ВДТ). Основной вид деятельности работников – ввод информации в компьютер и считывание информации с экрана. Фактором риска развития нарушений здоровья является постоянная визуальная работа с экраном дисплея. Последнее способствует возникновению напряжения зрительного анализатора, которое проявляется в снижении объема аккомодации в результате изменения ближайшей и дальнейшей точек ясного видения. С увеличением времени работы с экраном возрастает утомление, снижается работоспособность зрительного анализатора. О развитии зрительного утомления свидетельствуют и изменения временных характеристик устойчивости ясного видения, определяемых по времени восприятия последовательного контраста и критической частоте слияния световых мельканий, отражающей лабильность центральной нервной системы.

Выполнение зрительно-напряженной работы с ВДТ в течение длительного времени вызывает напряжение тех систем организма, которые обеспечивают зрительный процесс. Малоподвижная принудительная поза (сидя) также может быть причиной снижения физической работоспособности. Исследования, проведенные в производственных условиях на лицах, работающих с ВДТ более 4 ч за смену, позволили выявить зависимость между уровнем общей физической работоспособности (ОФР) и изменениями в зрительном анализаторе в динамике смены. Чем ниже уровень ОФР работающих, как женщин, так и мужчин, тем в большей степени выражено у них снижение объема аккомодации. Показано, что выполнение зрительно-напряженной работы лицами с низким уровнем ОФР может способствовать переходу развивающегося в динамике смены напряжения зрительного анализатора в перенапряжение.

Для профилактики зрительного и общего утомления у пользователей ВДТ необходимы комплексные профилактические мероприятия, которые включают режимы труда и отдыха, профилактические мероприятия для снятия зрительного напряжения, методы коррекции, способствующие повышению уровня ОФР, рациональную организацию рабочего места.

Ключевые слова: профессиональный пользователь, видеодисплейный терминал, зрительный анализатор, зрительное напряжение, объем аккомодации, общая физическая работоспособность.

В настоящее время в различных отраслях экономической деятельности широко используются компьютерные установки, в частности, выполняются такие виды работ, как конструкторские, технологические, управленческие, бухгалтерские и многие другие. Помимо производственной деятельности компьютеры находят большое применение и в повседневной жизни человека. Показано, что более 3 миллионов человек не только большую часть времени рабо-

тают с компьютерами в условиях производства, но часто свободные от работы часы проводят за экраном ВДТ (ноутбуки, смартфоны, телевизоры и др.). В связи с этим возникла существенная необходимость всестороннего изучения воздействий видеодисплейных терминалов (ВДТ) на здоровье пользователей, на что было указано в решении № 99 ВОЗ в 1989 г. [2].

Работа с экраном ВДТ многофункциональна и связана с нагрузками на различные системы

© Матюхин В.В., Шардакова Э.Ф., Ямпольская Е.Г., Елизарова В.В., 2017

Матюхин Владимир Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; тел. 8 (495) 365-09-63).

Шардакова Эмилия Федоровна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; тел. 8 (495) 365-09-63).

Ямпольская Елизавета Григорьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; тел. 8 (495) 365-09-63).

Елизарова Валентина Васильевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; тел. 8 (495) 365-09-63).

организма оператора [5, 20, 21, 23]. В зависимости от профессиональной деятельности пользователей ВДТ (от ввода информации до операторов, управляющих сложными технологическими процессами) их работа существенно различается по интенсивности и длительности воздействия интеллектуальных, эмоциональных и сенсорных нагрузок, которые формируют различные по степени категории напряженности труда.

Анализ проведенных исследований [11, 13, 15] профессиональной деятельности пользователей ВДТ показал, что ведущим фактором развития зрительного напряжения является изображение на экране ВДТ, которое существенно отличается от изображения на бумажном носителе. Утомление, возникающее у профессиональных пользователей ВДТ, имеет некоторые специфические черты [4, 7, 14, 22]. Однако длительная и интенсивная работа с экраном ВДТ приводит к развитию состояния перенапряжения зрительного анализатора, которое рассматривается как «компьютерный зрительный синдром» с развитием профессиональной офтальмопатии у операторов ПЭВМ [6, 16, 24]. При работе с ВДТ можно выделить три близких, но не тождественных состояния, способствующих снижению эффективности работы, – утомление, монотония и психическое пресыщение. Утомление можно охарактеризовать как естественную реакцию, связанную с нарастанием напряжения вследствие выполнения зрительно-напряженной работы. На этом фоне следует особо выделить, что данная профессиональная деятельность выполняется преимущественно в малоподвижной позе – сидя. В то же время известно, что уменьшение двигательной активности (гипокинезия) приводит к существенному снижению общей физической работоспособности (ОФР) человека, проявляющейся рядом негативных последствий в ЦНС, сердечно-сосудистой, периферической нервно-мышечной системах и на функциональном состоянии зрительного анализатора [3, 12, 17, 18]. Показано, что у работников со зрительно-напряженной деятельностью и прецизионным характером труда (с лупой, увеличительным стеклом, микроскопом) повышение ОФР методом тренировок на велоэргометре улучшает субъективную оценку состояния работником и восстанавливает функциональные возможности систем его организма, включая зрительный анализатор [8, 19]. При этом необходимо отметить, что аналогичных исследований у профессиональных пользователей ВДТ с оценкой уровней ОФР и характе-

ром неблагоприятных изменений в зрительном анализаторе, с учетом гендерных различий, в динамике рабочей смены вообще не проводилось, что и послужило основанием данной работы.

Цель исследования – изучить в процессе работы с ВДТ особенности физиологических изменений зрительного анализатора у лиц (женщин и мужчин) с учетом общей физической работоспособности и обосновать физиолого-эргономические мероприятия по снижению риска развития зрительного утомления.

Материалы и методы. Применялись методы, позволяющие достаточно полно охарактеризовать в производственных условиях состояние зрительного анализатора. Используемый комплекс методов включал: определение объема аккомодации, времени восприятия последовательного контраста (ВВПК) и критической частоты слияния световых мельканий (КЧССМ).

Определение общей физической работоспособности (ОФР) проводилось по тесту PWC_{170} с применением велоэргометра. Обследуемому предлагались две нагрузки по 5 минут каждая с 3-минутным отдыхом между ними (первая нагрузка – 25 Вт (150 кг·м/мин), вторая нагрузка – 75–100 Вт (450–600 кг·м/мин), с регистрацией ЧСС в последние 30 секунд. Расчет PWC_{170} производился по традиционной формуле [10].

Среди профессиональных групп пользователей ВДТ проанализированы профессии, в которых необходим ввод информации в компьютер (бухгалтеры, конструкторы, редакторы, телеграфисты, банковские служащие и др.) и считывание информации с экрана (технологи, операторы службы «09», работники телецентра и др.). Все обследованные – практически здоровые лица в возрасте 25–30 лет со стажем работы не менее 3 лет. Всего обследовано 175 человек в динамике рабочей смены. Для оценки ОФР обследовано 184 профессиональных пользователя ВДТ (113 мужчин и 71 женщина в возрасте 25–39 лет).

Результаты и их обсуждение. На основе проведенных исследований было выявлено, что чем больший процент времени смены занимает работа с экраном ВДТ, тем более напряженным становится труд пользователя. Установлено, что если время работы с компьютером составляет за смену 67,5 %, то коэффициент корреляции между временем работы с экраном и развивающимся напряжением зрительного анализатора составляет $r = 0,67$ ($p < 0,05$), при увеличении времени работы с экраном до

Изменение показателей аккомодации у пользователей ВДТ в зависимости от времени работы с экраном

Время работы с экраном, ч	Время замеров	Объем аккомодации (дптр)	Ближайшая точка ясного видения (дптр)	Дальнейшая точка ясного видения (дптр)
До 2	Начало смены	7,05 ± 0,26	7,5 ± 0,30	0,45 ± 0,02
	Конец смены	6,8 ± 0,23	7,1 ± 0,23	0,30 ± 0,05
	Доля изменений, %	3,6	5,4	33,4
До 4	Начало смены	7,1 ± 0,40	7,8 ± 0,30	0,76 ± 0,06
	Конец смены	6,6 ± 0,35	7,2 ± 0,28	0,56 ± 0,04*
	Доля изменений, %	7,1	7,7	25,5
Более 4	Начало смены	7,6 ± 0,35	8,4 ± 0,37	0,80 ± 0,05
	Конец смены	6,3 ± 0,27*	6,7 ± 0,28*	0,50 ± 0,03*
	Доля изменений, %	17,2	20,3	37,5

Примечание: * – достоверность различий между началом и концом смены ($p < 0,05$).

87,4 % за смену коэффициент корреляции существенно увеличивается – до $r = 0,92$ ($p < 0,001$).

Постоянная визуальная работа с экраном дисплея способствует возникновению напряжения зрительного анализатора, которое проявляется в снижении объема аккомодации в результате изменения ближайшей и дальнейшей точек ясного видения (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что с увеличением времени работы с экраном ВДТ возрастает процент снижения объема аккомодации, при этом вклад времени работы с экраном в снижение объема аккомодации составляет 68,6–69,4 % при коэффициенте корреляции 0,83 ($p < 0,01$). О развитии зрительного утомления свидетельствуют также и изменения временных характеристик устойчивости ясного видения, определяемых по времени восприятия последовательного контраста (ВВПК), которое в динамике смены снижается на 11,4–22,9 %, и критической частоты слияния световых мельканий (КЧССМ), отражающей лабильность центральной нервной системы – снижение на 6,5–15,0 %.

Кроме того, длительная работа с экраном ВДТ, как правило, сопровождается субъективными ощущениями: наиболее типичными являются «покраснение глаз и глазных яблок» (48,4 %), «слезотечение» (36,2 %), «затуманивание зрения вдали» (34,2 %), «нечеткость видения вблизи» (29,8 %), «жжение или боли в глазах» (31,9 %), «резь в глазах» (43,8 %), «зрительное утомление» (70,3 %), «общее утомление» (52,4 %). Развитие этих жалоб может быть обусловлено, с одной стороны, особенностями экранного изображения – низкая контрастность, мерцание экрана, частые перепады яркости и др., а с другой – временем работы с экраном ВДТ:

продолжительностью фиксации взгляда на экране, частой переадаптацией глаз с экрана на бумажный носитель и обратно. Во время выполнения работы пользователям ВДТ часто приходится переводить взгляд в направлении «экран – клавиатура – документация». Частая переадаптация глаза к различным яркостям и расстояниям является одним из главных негативных факторов при работе с дисплеем. При такой работе появляется быстрое утомление, затуманенность зрения, двоение предметов. Комплекс выявленных нарушений в литературе объединяется в понятие «компьютерный зрительный синдром». Как показали научные данные, у профессиональных пользователей ВДТ частота развития данного синдрома составляла 28,5 %, причем лица, работающие на компьютере более 4 часов за смену, в 96 % случаев отмечали его наличие, что проявлялось у них в различном снижении остроты зрения, наличии спазма аккомодации и других изменениях зрительного анализатора [1, 9].

Для профилактики зрительного и общего утомления у пользователей ВДТ необходимы комплексные профилактические мероприятия, которые включают периодические медицинские осмотры, режимы труда и отдыха, рациональную организацию рабочего места.

Для поддержания работоспособности на оптимальном уровне в течение смены необходимо введение регламентированных перерывов: при этом следует учесть, что если работа по вводу информации (до 20 000 знаков) или в режиме диалога составляет до 2 ч за смену, то необходимо предусмотреть введение регламентированного перерыва общей продолжительностью до 30 мин. Работа по вводу информации

до 40 000 знаков или в диалоговом режиме до 4 ч за смену приводит к развитию зрительного утомления, для профилактики которого необходимо введение регламентированных перерывов общей продолжительностью до 50 мин. Еще более жесткие требования предъявляет зрительная работа при вводе информации до 60 000 знаков и работа в диалоговом режиме до 6 ч за смену. Такая работа на фоне развития зрительного и общего утомления приводит к перенапряжению зрительного анализатора, соответственно, необходимо введение регламентированных перерывов общей продолжительностью до 70 мин за смену.

Во время регламентированных перерывов не следует выполнять никакой зрительной работы, рекомендуется оставлять свое рабочее место и по возможности выходить в зону отдыха или на свежий воздух, постараться чередовать работу с компьютером с другими видами работ. Во время перерывов следует выполнять упражнения для улучшения кровообращения в глазных яблоках и на расслабление мышц корпуса и рук, а также проводить самомассаж волосистой части головы. В течение регламентированных перерывов следует использовать витаминно-минеральный комплекс «Живая клетка» для профилактики развития компьютерного зрительного синдрома [1].

Необходимо при этом отметить, что труд работников зрительно-напряженного вида деятельности протекает в малоподвижной позе – сидя, и, следовательно, может быть причиной снижения физической работоспособности. Обследование лиц, работающих с ВДТ более 4 ч за смену, проведенное в производственных условиях, позволило выявить зависимость между уровнем их общей физической работоспособности (ОФР) и изменениями в зрительном анализаторе в динамике смены. В табл. 2 представлены данные трех уровней ОФР у лиц (мужчины

и женщины в возрасте 25–39 лет) и характер их распределения (%).

Оценка уровня ОФР среди профессиональных пользователей ВДТ показала, что 37 % мужчин имеют низкий уровень ОФР, 46 % – средний и только 17 % – высокие значения. У 54 % обследованных женщин выявлен низкий уровень ОФР, у 37 % – средний, и только у 9 % – высокий.

Проведенные исследования позволили выявить различия в развитии зрительного утомления у профессиональных пользователей в динамике смены от уровня ОФР (табл. 3).

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что в группе женщин-пользователей ВДТ в динамике смены отмечено снижение объема аккомодации, которое составило в различных профессиональных группах 0,25–1,3 дптр, или 3,6–17,2 %. При этом следует отметить, что снижение объема аккомодации происходит за счет удаления ближайшей точки ясного видения на 0,4–1,7 дптр, или 5,4–20,3 %. Дальнейшая точка ясного видения в течение смены приближается к глазу на 11,6–37,5 %. При анализе полученных данных необходимо отметить, что изменение объема аккомодации тесно связано с уровнем физической работоспособности пользователей ВДТ. Чем ниже уровень ОФР работающих женщин, тем в большей степени выражено у них снижение объема аккомодации: так, при низком уровне ОФР доля снижения объема аккомодации составляет 17,2 %, в то время как у лиц с высоким уровнем ОФР она равна 3,6 %. В группе мужчин отмечались аналогичные показатели снижения объема абсолютной аккомодации, которые составляли от 13,1 до 3,0 %, однако, принимая во внимание, что мужчины более физически тренированы, чем женщины, изменения в динамике смены у них выражены в меньшей степени по сравнению с женщинами, даже при низком уровне ОФР.

Таблица 2

Показатели трех уровней ОФР у мужчин и женщин в возрасте 25–39 лет, работающих с ВДТ

Показатель	Работа с компьютером					
	Женщины			Мужчины		
	Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень	Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень
МПК, мл/мин·кг	< 28,0	29,0–36,0	> 37,0	< 33,0	34,0–40,0	> 40,0
PWC ₁₇₀ , кг·м/мин·кг	< 14,0	15,0–17,0	> 18,0	< 15,0	16,0–19,0	> 20,0
Доля обследованных, %	54	37	9	37	46	17

Изменение объема аккомодации, ВВПК и КЧССМ у профессиональных пользователей ВДТ в зависимости от уровня ОФР в динамике рабочего дня

Уровень ОФР	Время измерения	Объем аккомодации (дптр)	ВВПК (с)	КЧССМ (Гц)
<i>Женщины</i>				
Низкий	Начало смены	7,6 ± 0,35	8,3 ± 0,69	42,4 ± 1,14
	Конец смены	6,3 ± 0,27*	6,4 ± 0,52*	34,1 ± 0,63*
	Доля изменений, %	17,2	22,9	19,4
Средний	Начало смены	7,1 ± 0,40	9,6 ± 0,48	39,9 ± 1,08
	Конец смены	6,6 ± 0,35	8,4 ± 0,56	34,9 ± 0,64*
	Доля изменений, %	7,1	12,5	12,6
Высокий	Начало смены	7,05 ± 0,26	8,8 ± 0,69	40,2 ± 1,04
	Конец смены	6,8 ± 0,23	7,8 ± 0,71	37,6 ± 0,67
	Доля изменений, %	3,6	11,4	6,5
<i>Мужчины</i>				
Низкий	Начало смены	6,44 ± 0,31	7,5 ± 0,39	43,4 ± 1,04
	Конец смены	5,60 ± 0,29*	6,4 ± 0,42	36,2 ± 0,93*
	Доля изменений, %	13,1	16,7	16,3
Средний	Начало смены	6,93 ± 0,24	8,7 ± 0,28	40,9 ± 1,08
	Конец смены	6,40 ± 0,28	7,8 ± 0,32	36,6 ± 0,84*
	Доля изменений, %	7,7	10,4	10,6
Высокий	Начало смены	7,02 ± 0,26	8,4 ± 0,42	41,6 ± 0,94
	Конец смены	6,81 ± 0,34	7,9 ± 0,51	38,4 ± 0,62
	Доля изменений, %	3,0	6,0	7,7

Пр и м е ч а н и е: * – достоверность различий между началом и концом смены ($p < 0,05$).

Проведенный множественный регрессионный анализ показал, что вклад уровня ОФР в изменение объема аккомодации в группах мужчин и женщин примерно одинаков и составляет 68,6–69,4 % при коэффициенте корреляции 0,82–0,83, т.е. чем ниже уровень физической работоспособности, тем в большей мере выражено снижение объема аккомодации и, следовательно, снижение работоспособности зрительно-анализатора.

О снижении работоспособности зрительного анализатора, как у мужчин, так и у женщин можно также судить по изменению временных характеристик органа зрения – ВВПК и КЧССМ, свидетельствующих о развитии зрительного утомления. При этом наиболее выраженное и неблагоприятное снижение всех показателей установлено у лиц с низкими уровнями общей физической работоспособности, независимо от гендерной принадлежности.

Снижение уровня физической работоспособности способствует увеличению числа лиц, предъявляющих различные жалобы. Так, у профессиональных пользователей ВДТ с низким уровнем ОФР доля лиц среди женщин, предъявляющих жалобы, колеблется от 9,2 до 12,8 % в начале смены, а в конце ее – до 34,9–70,5 %.

Количество женщин с высоким уровнем ОФР, предъявляющих жалобы, составило 2,5–6,3 % в начале и 3,7–28,6 % – в конце работы. Среди пользователей-мужчин число предъявляющих жалобы на зрительный дискомфорт было несколько меньше, чем у женщин. Так, при низком уровне ОФР в начале работы предъявляли жалобы 7,2–10,8 %, к концу работы их доля достигала 23,8–60,9 %. У мужчин с высоким уровнем ОФР в начале работы 1,2–5,1 % предъявляли жалобы, а в конце смены этот показатель увеличивался до 7,0–25,6 %.

Следовательно, для поддержания работоспособности на оптимальном уровне при выполнении зрительно-напряженных работ с экраном ВДТ необходимо, с одной стороны, проведение методов коррекции, способствующих повышению уровня ОФР, а с другой – использование профилактических мероприятий для снятия зрительного утомления. Для этой цели нами разработан специальный вид тренировок на велоэргометре, который был введен в режим рабочего дня и выполнялся во время регламентированных перерывов в процессе работы.

Тренировки осуществлялись на электрическом велоэргометре в течение трех месяцев пять раз в неделю. Нагрузка подбиралась индивиду-

ально и составляла 75–100 Вт. Каждая ступень нагрузки выполнялась в течение трех минут. Частота педалирования задавалась метрономом и составляла 60 об./мин. Общая продолжительность одного тренировочного занятия составляла 10–15 мин. В конце каждой нагрузки регистрировалась ЧСС.

В результате проведенного тренировочного периода отмечалось снижение ЧСС при выполнении нагрузки одинаковой мощности. Так, выявлено, что у лиц с низким уровнем ОФР в конце велоэргометрической нагрузки ЧСС достигала $159,0 \pm 2,3$ уд./мин, в то время как та же нагрузка у лиц с высокой ОФР вызывала увеличение ЧСС до $125,0 \pm 2,0$ уд./мин, т.е. при выполнении работы одинаковой мощности у лиц с низкой ОФР физиологическая стоимость работы достоверно выше, чем у лиц с высокой ОФР. Аналогичные данные были отмечены и по результатам оценки функционального состояния зрительного анализатора: так, анализ показал, что объем аккомодации в группе с низким уровнем ОФР снижался к концу смены до тренировки на 12 %, а после тренировки в результате повышения ОФР снижение составляло только 4 %. При низком уровне ОФР отмечено снижение ВВПК – на 22,9 %, а КЧССМ – на 19,4 % – в группе женщин и ВВПК – на 16,7 % и КЧССМ – на 16,3 % – в группе мужчин. Процент снижения временных характеристик в динамике смены как в группе мужчин, так и в группе женщин свидетельствует о развитии у них зрительного утомления к концу смены. У лиц с высоким уровнем ОФР выявлено снижение ВВПК на 11,4 %, КЧССМ – на 6,5 % – в группе женщин, и ВВПК – на 6,0 %, КЧССМ – на 7,7 % – в группе мужчин, т.е. к концу рабочей смены зрительное утомление практически не развивается, так как полученные показатели снижения временных характеристик не выходят за пределы величин, свидетельствующих о развитии зрительного утомления (15 %). Также после тренировочных занятий снизилось число лиц, предъявляющих жалобы на возникновение субъективных ощущений чувства усталости и зрительный дискомфорт.

На основании результатов исследований обоснованы «нормативные» (стандартные) уровни общей физической работоспособности (подготовленности) при работе с ВДТ для женщин и мужчин по показателям PWC_{170} (женщины $\geq 15,0$, мужчины $\geq 16,0$ кг·м/мин·кг) и МПК (женщины $\geq 29,0$, мужчины $\geq 34,0$ мл/мин·кг).

При работе с видеотерминалами необходимо соблюдать и эргономические требования.

Конструкция рабочей мебели (столы, кресла) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя для создания удобной рабочей позы. При оборудовании рабочего места пользователя дисплея видеотерминал следует устанавливать на специальном столике таким образом, чтобы задняя панель была обращена к стене, при этом экран не должен располагаться напротив окна или других источников света, дающих блики на экране. Стол должен быть таким, чтобы расстояние от пользователя до экрана составляло 60–70 см, до клавиатуры – 30–40 см. Большую роль при работе с экраном ВДТ имеют условия освещенности рабочего места, необходимые для сохранения зрительного комфорта. Общая освещенность в комнате, где расположены терминалы, должна быть в пределах 300–500 лк. При этом помимо ламп, освещающих комнату, должна быть предусмотрена местная (не менее 60 Вт) лампа с плотным абажуром, освещающая только текст, с которым работает пользователь.

Выводы. Установлено, что при отсутствии специальных профилактических мероприятий у работников возрастает уровень функционального перенапряжения зрительного анализатора, что приводит к снижению работоспособности. Профилактические мероприятия при работе с ВДТ должны быть направлены, в первую очередь, на предупреждение развития зрительного перенапряжения – зрительная гимнастика, включенная в режим рабочего дня и направленная на восстановление аккомодации и тренировку глазных мышц, а также на улучшение кровообращения глаз.

В течение регламентированных перерывов следует использовать витаминно-минеральные комплексы для профилактики развития компьютерного зрительного синдрома. Принимая во внимание, что работа пользователей ВДТ выполняется в малоподвижной рабочей позе, т.е. в условиях производственной гипокинезии, необходимо предусмотреть увеличение объема и интенсивности двигательной активности как в режиме рабочего дня, так и в свободное от работы время.

С целью повышения уровня общей физической работоспособности до «нормативных» значений и устойчивости к воздействию факторов трудового процесса разработаны специальные программы, в основу которых положены принципы комплексности средств физической культуры и воспитания.

Список литературы

1. Бакуткин И.В., Спирин В.Ф., Бакуткин В.В. Ранняя диагностика зрительного утомления и близорукости в условиях высокой зрительной нагрузки в течение рабочей смены // *Профессия и здоровье: материалы XI Всероссийского конгресса, 27–29 ноября 2012 г.* / под общей ред. Н.Ф. Измерова. – М.: РЕИНФОР, 2012. – С. 75–76.
2. Видеодисплейные терминалы и здоровье пользователей: материалы Всемирной организации здравоохранения № 99 / пер. с англ. В.М. Бондаровской, А.С. Коваленко. – Женева: ВОЗ, 1989. – 150 с.
3. Двигательная активность и здоровье / Н.А. Агаджанян, В.Г. Двоеносов, Н.В. Ермакова, Г.В. Морозова, Р.А. Юсупов. – Казань: Изд-во КГУ, 2005. – 216 с.
4. Зрительное утомление при работе с видеодисплейными терминалами и современные методы его профилактики / С.А. Игнатъев, Т.А. Корнюшина, С.Л. Шаповалов, Т.И. Милявская. – М.: Изд-во «МИК», 2013. – 240 с.
5. Изучение вегетативных нарушений у пользователей видеодисплейных терминалов / Л.М. Фатхутдинова, М.Ф. Измаилов, Н.Х. Амиров, А.Б. Галлямов // *Казанский медицинский журнал.* – 1999. – № 6. – С. 443–445.
6. Компьютерный зрительный синдром и развитие профессиональной офтальмопатии у операторов ПЭВМ / М.А. Кузьменко, Е.Л. Потеряева, О.Г. Гусаревич, В.Л. Ромейко // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2010. – № 1. – С. 31–35.
7. Корнюшина Т.А. Физиологические механизмы развития зрительного утомления при выполнении зрительно-напряженных работ // *Вестник офтальмологии.* – 2000. – № 4. – С. 33–36.
8. Кудряшова Ж.М. О некоторых особенностях зрительного сенсорного восприятия при длительном ограничении мышечной активности // *Функционирование анализаторов при действии на организм экстремальных раздражителей: сборник материалов симпозиума.* – Л., 1974. – С. 21–24.
9. Кузьменко М.А., Несина И.А., Потеряева Е.Л. Использование витаминно-минерального комплекса «Живая клетка» для профилактики компьютерного зрительного синдрома у офисных работников // *Профессия и здоровье: материалы IX Всероссийского конгресса и IV Всероссийского съезда врачей-профпатологов* / под общей ред. Н.Ф. Измерова. – М.: Дельта, 2010. – С. 296–298.
10. Методы исследования и фармакологической коррекции физической работоспособности человека / под ред. академика РАН И.Б. Ушакова. – М.: Медицина, 2007. – 104 с.
11. Миронов А.И., Гадакчан К.А., Жилова Н.А. Физиолого-гигиеническая оценка труда и здоровья лиц зрительно-напряженного труда // *Материалы X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей* / под ред. академика РАМН проф. Г.Г. Онищенко, академика РАМН проф. А.И. Потапова. – М., 2007. – Т. 2. – С. 1180–1182.
12. Профессиональная офтальмопатия и гипокинезия: диагностика, лечение, профилактика / А.А. Фейгин, С.П. Михалева, Т.В. Корж, Т.А. Корнюшина // *Профессия и здоровье: материалы III Всероссийского конгресса* / под общей ред. Н.Ф. Измерова. – М.: Дельта, 2004. – С. 415–417.
13. Саркисян Г.Т. Оценка условий труда, функциональные нарушения нервной системы, зрительного анализатора у рабочих компьютерных фирм г. Еревана и их профилактика // *Профессия и здоровье: материалы IX Всероссийского конгресса и IV Всероссийского съезда врачей-профпатологов* / под общей ред. Н.Ф. Измерова. – М.: Дельта, 2010. – С. 448–450.
14. Сауткин В.С., Потапов Н.Н. Состояние зрительного анализатора и профилактика утомления при работе с видеодисплейными терминалами // *Офтальмологический журнал.* – 2000. – № 1. – С. 74–76.
15. Тебенова К.С. К вопросу о профессиональной деятельности работников ВДТ с эргономических позиций и специфики оказываемых ими услуг связи // *Гигиена труда и медицинская экология.* – 2011. – № 1. – С. 42–51.
16. Фейгин А.А. Компьютерный зрительный синдром (КЗС) у работающих на ПЭВМ // *Проблемы снижения профессиональных рисков при работе на ПЭВМ и ВДТ: сборник выступлений участников научно-практических семинаров.* – М.: ВНИИ охраны и экономики труда Росздрава, 2008. – С. 85–90.
17. Фудин Н.А., Классина С.Я., Пигарева С.Н. Взаимосвязь показателей мышечной и сердечно-сосудистой систем при возрастающей физической нагрузке у лиц, занимающихся физической культурой и спортом // *Физиология человека.* – 2015. – Т. 41, № 4. – С. 82–90.
18. Шумилин В.К., Елин А.М. Основные факторы риска при работе на ПЭВМ и их влияние на здоровье пользователей // *Проблемы снижения профессиональных рисков при работе на ПЭВМ и ВДТ: сборник выступлений участников научно-практических семинаров.* – М.: ВНИИ охраны и экономики труда Росздрава, 2008. – С. 31–43.
19. Ямпольская Е.Г., Шардакова Э.Ф., Елизарова В.В. Особенности функциональных изменений организма работников, выполняющих прецизионные работы // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология.* – 2007. – № 6. – С. 75–79.

20. Association between duration of daily VDT use and subjective symptoms / T. Nakazawa, Y. Okubo, Y. Suwazono, E. Kobayashi, S. Komine, N. Kato, K. Nogawa // American Journal of Industrial Medicine. – 2002. – Vol. 42, № 5. – P. 421–426.

21. Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTs) / J.K. Parihar, V.K. Jain, P. Chaturvedi, J. Kaushik, G. Jain, A.K. Parihar // Medical Journal Armed Forces India. – 2016. – Vol. 72, № 3. – P. 270–276.

22. Irbarren R., Irbarren G. Visual function study in work with computer // Medicina (B. Aires). – 2002. – Vol. 62, № 2. – P. 141–144.

23. Mocci F., Serra A., Corrias G.A. Psychological factors and visual fatigue in working with video display terminals // Occupational and Environmental Medicine. – 2001. – Vol. 58, № 4. – P. 267–271.

24. Sheedy I.E. What is in a name: computer vision syndrome // Optometry. – 2002. – Vol. 73, № 7. – P. 399–402.

Обоснование физиолого-эргономических мероприятий по снижению развития зрительного утомления при работе с видеодисплейными терминалами / В.В. Матюхин, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская, В.В. Елизарова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 66–75. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.08

UDC 612.776.1

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.08.eng

GIVING GROUNDS FOR PHYSIOLOGICAL-ERGONOMIC ACTIVITIES AIMED AT REDUCING EYE FATIGUE CAUSED BY WORK WITH VISUAL DISPLAY TERMINALS

V.V. Matyukhin, E.F. Shardakova, E.G. Yampolskaya, V.V. Elizarova

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31 Budennogo Av., Moscow, 105275, Russian Federation

The research was performed on occupational groups which combined visual display terminals (VDT) users. Basic occupational activity of such workers was information input and information read-out from a screen. Constant visual work with a display is a risk factor which can cause health disorders. It makes for visual analyzer strain which becomes apparent through decrease in accommodation as a result of changes in the closest and the farthest point of clear vision. As period of work with a screen becomes longer, fatigue grows, and visual analyzer performance decreases. There are other signs proving eye fatigue; they are changes in temporary characteristics of clear vision stability which are determined by a period of successive contrast perception, and critical fusion frequency which reflects the central nervous system instability.

Long-term visually stressful work with VDT causes strain in the body systems which provide visual process. Non-mobile forced "sitting" position can also cause decrease in physical efficiency. Research which was conducted on workers who had to spend more than 4 hours a shift at VDT in their working environment helped to reveal a dependence between their overall physical efficiency and changes in visual analyzer during a shift. The lower workers' physical efficiency was (both male and female), the greater accommodation decrease was detected in them. It is shown that visually stressful work performed by people with low physical efficiency can make for transfer of strain evolving during a shift into overstrain.

To prevent eye fatigue as well as overall one in VDT users, it is necessary to work out complex preventive activities which include work and rest regimes; preventive measures aimed at vision strain relieving; correction techniques which help to improve physical efficiency; rational workplace organization.

Key words: professional user, visual display terminal, visual analyzer, vision strain, accommodation, overall physical efficiency.

© Matyukhin V.V., Shardakova E.F., Yampolskaya E.G., Elizarova V.V., 2017

Vladimir V. Matyukhin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; tel. +7 (495) 365-09-63).

Emiliya F. Shardakova – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; tel. +7 (495) 365-09-63).

Elizaveta G. Yampolskaya – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; tel. +7 (495) 365-09-63).

Valentina V. Elizarova – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher (e-mail: ft-matuhin@mail.ru; tel. +7 (495) 365-09-63).

References

1. Bakutkin I.V., Spirin V.F., Bakutkin V.V. Rannaya diagnostika zritel'nogo utomleniya i blizorukosti v usloviyakh vysokoi zritel'noi nagruzki v techenie rabochei smeny [Early diagnostics of eye fatigue and myopia under high visual load during a working shift]. *Professiya i zdorov'e: Materialy XI Vserossiiskogo kongressa [Occupation and health: materials of the XI All-Russian congress]*. In: N.F. Izmerov, ed. Moscow, REINFOR Publ., 2012, pp. 75–76 (in Russian).
2. Videodispleinye terminaly i zdorov'e pol'zovatelei: materialy Vsemirnoi organizatsii zdravookhraneniya № 99 [Visual display terminals and users' health: World Health Organization materials No. 99]. From Eng. V.M. Bondarovskaya, A.S. Kovalenko. Zheneva, WHO Publ., 1989, 150 p. (in Russian).
3. Agadzhanyan N.A., Dvoenosov V.G., Ermakova N.V., Morozova G.V., Yusupov R.A. Dvigatel'naya aktivnost' i zdorov'e [Physical activity and health]. Kazan', Izd-vo KGU, Publ., 2005, 216 p. (in Russian).
4. Ignat'ev S.A., Korniyushina T.A., Shapovalov S.L., Milyavskaya T.I. Zritel'noe utomlenie pri rabote s videodispleinymi terminalami i sovremennyye metody ego profilaktiki [Eye fatigue caused by work with visual display terminals and contemporary techniques used to prevent it]. Moscow, MIK, Publ., 2013, 240 p. (in Russian).
5. Fatkhutdinova L.M., Izmailov M.F., Amirov N.Kh., Gallyamov A.B. Izuchenie vegetativnykh narushenii u pol'zovatelei videodispleinykh terminalov [Studies on vegetative disorders in visual display terminals users]. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*, 1999, no. 6, pp. 443–445 (in Russian).
6. Kuz'menko M.A., Poteryaeva E.L., Gusarevich O.G., Romeiko V.L. Komp'yuternyi zritel'nyi sindrom i razvitiye professional'noi oftal'mopatii u operatorov PEVM [Computer visual syndrome and occupational ophthalmopathy in PC operators]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2010, no. 1, pp. 31–35 (in Russian).
7. Korniyushina T.A. Fiziologicheskie mekhanizmy razvitiya zritel'nogo utomleniya pri vypolnenii zritel'no-napryazhennykh rabot [Physiological mechanisms of eye fatigue involvement caused by visually stressful work]. *Vestnik oftal'mologii*, 2000, no. 4, pp. 33–36 (in Russian).
8. Kudryashova Zh.M. O nekotorykh osobennostyakh zritel'nogo sensor'nogo vospriyatiya pri dlitel'nom ogranichenii myshechnoi aktivnosti [On certain peculiarities of visual sensory perception under long-term restricted muscular activity]. *Funktsionirovanie analizatorov pri deistvii na organizm ekstremal'nykh razdrashitelei: Sbornik materialov simpoziuma*. Leningrad, 1974, pp. 21–24 (in Russian).
9. Kuz'menko M.A., Nesina I.A., Poteryaeva E.L. Ispol'zovanie vitaminno-mineral'nogo kompleksa «zhivaya kletka» dlya profilaktiki komp'yuternogo zritel'nogo sindroma u ofisnykh rabotnikov [Use of "living cell" vitamin and minerals complex to prevent computer visual syndrome in office workers]. *Professiya i zdorov'e: Materialy IX Vserossiiskogo kongressa i IV Vserossiiskogo s"ezda vrachei-profpatologov [Occupation and health: materials of the XI All-Russian congress and IV All-Russian congress of occupational pathologists]*. In N.F. Izmerov, ed. Moscow, Del'ta Publ., 2010, pp. 296–298 (in Russian).
10. Metody issledovaniya i farmakologicheskoi korrertsii fizicheskoi rabotosposobnosti cheloveka [Techniques for examination and pharmaceutical correction of human physical performance]. In: I.B. Ushakov, ed. Moscow, Meditsina Publ., 2007, 104 p. (in Russian).
11. Mironov A.I., Gadakchan K.A., Zhilova N.A. Fiziologo-gigienicheskaya otsenka truda i zdorov'ya lits zritel'no-napryazhennogo truda [Physiological-hygienic assessment of labor and health for people employed at workplaces with visually stressful labor]. *Materialy X Vserossiiskogo s"ezda gigienistov i sanitarnykh vrachei [Materials of X All-Russian congress of hygienists and sanitary inspectors]*. In: G.G. Onishchenko, A.I. Potapov, eds. Moscow, 2007, vol. 2, pp. 1180–1182 (in Russian).
12. Feigin A.A., Mikhaleva S.P., Korzh T.V., Korniyushina T.A. Professional'naya oftal'mopatiya i gipokineziya: diagnostika, lechenie, profilaktika [Occupational ophthalmopathy and hypokinesia: diagnostics, treatment, and prevention]. *Professiya i zdorov'e: Materialy III Vserossiiskogo kongressa [Occupation and health: Materials of III All-Russian congress]*. In: N.F. Izmerov, ed. Moscow, Del'ta, Publ., 2004, pp. 415–417 (in Russian).
13. Sarkisyan G.T. Otsenka uslovii truda, funktsional'nye narusheniya nervnoi sistemy, zritel'nogo analizatora u rabochikh komp'yuternykh firm g. Erevana i ikh profilaktika [Working conditions assessment, functional disorders of nervous system and visual analyzer in workers employed by computer firms in city of Erevan and their prevention]. *Professiya i zdorov'e: Materialy IX Vserossiiskogo kongressa i IV Vserossiiskogo s"ezda vrachei-profpatologov [Occupation and health: materials of the XI All-Russian congress and IV All-Russian congress of occupational pathologists]*. In: N.F. Izmerov, eds. Moscow, Del'ta, Publ., 2010, pp. 448–450 (in Russian).
14. Sautkin V.S., Potapov N.N. Sostoyanie zritel'nogo analizatora i profilaktika utomleniya pri rabote s videodispleinymi terminalami [Visual analyzer state and prevention of fatigue during work with visual display terminals]. *Oftal'mologicheskii zhurnal*, 2000, no. 1, pp. 74–76 (in Russian).
15. Tebenova K.S. K voprosu o professional'noi deyatelnosti rabotnikov VDT s ergonomicheskikh pozitsii i spetsifiki okazyvaemykh imi uslug svyazi [On issues of occupational activities which VDT workers are involved in from the ergonomic point of view and peculiarities of communication services they provide]. *Gigiena truda i meditsinskaya ekologiya*, 2011, no. 1, pp. 42–51 (in Russian).

16. Feigin A.A. Komp'yuternyi zritel'nyi sindrom (KZS) u rabotayushchikh na PEVM [Computer vision syndrome (CVS) in people working on PCs]. *Problemy snizheniya professional'nykh riskov pri rabote na PEVM i VDT: sbornik vystuplenii uchastnikov nauchno-prakticheskikh seminarov [Issues of lowering occupational risks during work on a PC or with a VDT: a collection of reports by participants of theory and practical workshops]*. Moscow, VNII okhrany i ekonomiki truda Roszdrava, Publ., 2008, pp. 85–90 (in Russian).

17. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Pigareva S.N. Vzaimosvyaz' pokazatelei myshechnoi i serdechno-sosudistoi sistem pri vozrastayushchei fizicheskoi nagruzke u lits, zanimayushchikhsya fizicheskoi kul'turoi i sportom [Relationship between the parameters of muscular and cardiovascular systems in graded exercise testing in subjects doing regular exercises and sports]. *Fiziologiya cheloveka*, 2015, vol. 41, no. 4, pp. 82–90 (in Russian).

18. Shumilin V.K., Elin A.M. Osnovnye faktory riska pri rabote na PEVM i ikh vliyanie na zdorov'e pol'zovatelei [Basic risk factors of work on PCs and their influence on users' health]. *Problemy snizheniya professional'nykh riskov pri rabote na PEVM i VDT: sbornik vystuplenii uchastnikov nauchno-prakticheskikh seminarov [Issues of lowering occupational risks during work on a PC or with a VDT: a collection of reports by participants of theory and practical workshops]*. Moscow, VNII okhrany i ekonomiki truda Roszdrava, Publ., 2008, pp. 31–43 (in Russian).

19. Yampol'skaya E.G., Shardakova E.F., Elizarova V.V. Osobennosti funktsional'nykh izmenenii organizma rabotnikov, vypolnyayushchikh pretsizionnye raboty [The peculiarities of functional changes of organisms of workers, who carried out precision works]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2007, no. 6, pp. 75–79 (in Russian).

20. Nakazawa T., Okubo Y., Suwazono Y., Kobayashi E., Komine S., Kato N., Nogawa K. Association between duration of daily VDT use and subjective symptoms. *American Journal of Industrial Medicine*, 2002, vol. 42, no. 5, pp. 421–426.

21. Parihar J.K., Jain V.K., Chaturvedi P., Kaushik J., Jain G., Parihar A.K. Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTS). *Medical Journal Armed Forces India*, 2016, vol. 72, no. 3, pp. 270–276.

22. Irbarren R., Irbarren G. Visual function study in work with computer. *Medicina (B. Aires)*, 2002, vol. 62, no. 2, pp. 141–144.

23. Mocci F., Serra A., Corrias G.A. Psychological factors and visual fatigue in working with video display terminals. *Occupational and Environmental Medicine*, 2001, vol. 58, no. 4, pp. 267–271.

24. Sheedy I.E. What is in a name: computer vision syndrome. *Optometry*, 2002, vol. 73, no. 7, pp. 399–402.

Matyukhin V.V., Shardakova E.F., Yampol'skaya E.G., Elizarova V.V. Giving grounds for physiological-ergonomic activities aimed at reducing eye fatigue caused by work with visual display terminals. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 66–75. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.08.eng

Получена: 24.05.2017

Принята: 30.07.2017

Опубликована: 30.09.2017

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА

УДК 616.12: 613.6

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.09

СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У РАБОТНИКОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.Н. Чигисова¹, М.Ю. Огарков^{1,2}, С.А. Максимов¹

¹Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6

²Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, Россия, 654005, г. Новокузнецк, пр. Строителей, 5

Проведен анализ рисков развития артериальной гипертензии в профессиональных группах угледобывающих предприятий Кемеровской области (1915 работников). В качестве референсной группы использовались данные о распространенности артериальной гипертензии в г. Кемерово, полученные в рамках эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ (700 человек в возрасте 25–64 лет). Отмечается, что работа на угледобывающих предприятиях характеризуется наличием целого ряда условий, которые оказывают негативное влияние на здоровье человека. Условия труда работников, связанные с пребыванием в шахте в течение всей рабочей смены, характеризовались воздействием на работника неблагоприятного микроклимата, высокого уровня пылевых нагрузок. Для устранения возрастных различий работников угледобывающих предприятий и группы сравнения проводилась стандартизация на возраст (за стандарт принимали данные референсной группы). Рассчитывались частоты артериальной гипертензии в представленных профессиональных группах. С помощью построения таблиц сопряженности определялись относительные риски артериальной гипертензии. Для исключения влияния профессионального отбора на относительные риски артериальной гипертензии проводилась коррекция полученных результатов на «эффект здорового найма». Шахтеры характеризовались низкой распространенностью артериальной гипертензии по сравнению с неорганизованной выборкой населения Кемеровской области – 28,46 и 53,29 % соответственно ($p < 0,001$). Показано, что у работников статистически значимые низкие риски артериальной гипертензии обусловлены воздействием профессионального отбора на этапе приема на работу. В результате корректировки полученных данных на «эффект здорового найма» изменились риски артериальной гипертензии у горнорабочих подземных и проходчиков со статистически значимого низкого значения до статистически значимого высокого – с 0,55 (95%-ный ДИ 0,48–0,64) до 1,14 (95%-ный ДИ 1,04–1,26). Таким образом, при оценке распространенности и риска артериальной гипертензии в профессиональных группах, где невозможно исключить факт профессионального отбора, необходимо проводить дополнительную коррекцию для устранения влияния «эффекта здорового найма».

Ключевые слова: методы оценки риска, артериальная гипертензия, работающее население, профессиональный отбор, эффект здорового рабочего, эффект здорового найма, гигиеническая оценка условий труда, ЭССЕ-РФ.

В настоящее время артериальную гипертензию (АГ) рассматривают в качестве основного фактора риска сердечно-сосудистых заболеваний, а также как наиболее частую причину временной нетрудоспособности, причиняющей работодателям значительные убытки [11, 14, 17]. Известно, что АГ – мультифакториальное забо-

левание, имеющее генетическую предрасположенность. В настоящее время в качестве предикторов АГ, помимо традиционных факторов, все чаще рассматриваются факторы профессиональные [11, 13].

Работа на угледобывающих предприятиях характеризуется наличием целого ряда условий,

© Чигисова А.Н., Огарков М.Ю., Максимов С.А., 2017

Чигисова Антонина Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний (e-mail: chigan@kemcardio.ru; тел.: 8 (960) 916-40-93).

Огарков Михаил Юрьевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой кардиологии (e-mail: ogarfm@kemcardio.ru; тел.: 8 (905) 900-93-80).

Максимов Сергей Алексеевич – кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний (e-mail: m1979sa@yandex.ru; тел.: 8 (3842) 64-42-40).

которые оказывают негативное влияние на здоровье человека. К числу неблагоприятных воздействий относят производственный микроклимат (резкие перепады температур, повышенная влажность воздуха), рудничную пыль, вибрацию, выраженные физические и эмоциональные нагрузки [1]. В большинстве случаев на рабочих местах шахтеров присутствуют вышеупомянутые вредные факторы, уровни которых превышают допустимые нормы. В угольной промышленности 58,4 % сотрудников работает при повышенных уровнях запыленности, 14,9 % – повышенной влажности, 15,0 % – при неблагоприятном температурном режиме, контакт с токсичными химическими веществами имеют 14,5 % [10]. При профессиональном отборе к функциональным резервам организма предъявляются высокие требования. Это в свою очередь приводит к тому, что к работе в данной профессии допускаются лица, соответствующие таковым по состоянию здоровья. В специальной литературе организованный или неорганизованный профессиональный отбор более здоровых сотрудников для работы в неблагоприятных условиях труда получил название «эффект здорового рабочего» (ЭЗР) [3, 6, 19]. ЭЗР проявляется лучшими показателями состояния здоровья по сравнению с работающими в более благоприятных условиях труда, таким образом, создается неадекватное впечатление о протективном влиянии на организм вредных факторов производства [6]. Важным составляющим ЭЗР является «эффект здорового найма» (ЭЗН). ЭЗН характеризует ЭЗР в начальный период профессиональной деятельности работников: более здоровые индивиды претендуют на получение работы в неблагоприятных производственных условиях или на работу вообще, по сравнению с индивидами с худшим состоянием здоровья или со сниженными функциональными возможностями [6, 15]. Изучение заболеваемости в младших возрастных группах позволяет диагностировать наличие профессионального отбора и оценить воздействие неблагоприятных факторов – предикторов АГ – на здоровье трудящихся. Таким образом, представляется актуальным анализ распространенности АГ в профессиональных группах шахтеров, а также расчет рисков АГ с учетом ЭЗН.

Цель исследования – оценить распространенность артериальной гипертензии, риски ее развития среди работников угледобывающих предприятий.

Материалы и методы. Исследование проведено среди работников двух крупных угольных шахт Кемеровской области (2009–2012 гг.). В ходе ежегодных профилактических осмотров получены данные о состоянии здоровья 1915 мужчин. Оценка условий труда давалась по результатам аттестации рабочих мест [9]. По итогам гигиенической характеристики были сформированы три исследуемые группы. Первую группу составили руководители среднего и старшего звена, диспетчеры, слесари и другие специалисты, работающие на «поверхности» (43,08 %). Во вторую группу включены машинисты горных и подземных установок, а также электрослесари и горномонтажники подземные (25,9 %). В третью группу – горнорабочие подземные и проходчики (31,02 %). На работников первой группы неблагоприятные факторы оказывали незначительное влияние; их трудовая деятельность сопряжена с эмоциональными нагрузками. Профессиональная деятельность второй и третьей групп непосредственно связана с пребыванием в шахте в течение всей рабочей смены; работа характеризовалась воздействием на сотрудников неблагоприятного микроклимата, высокого уровня пылевых нагрузок, шума, вибрации, а также тяжестью и напряженностью труда [2, 18]. Трудовая деятельность второй группы связана с обслуживанием горной техники и электрооборудования. В третью группу включены профессии неквалифицированного труда, а также специальности, сопряженные с пребыванием сотрудника в вынужденном положении тела в рабочее время [7]. Для сравнения использовали данные, полученные в рамках исследования ЭССЕ-РФ («Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации», 2012–2013 гг.) [12]. Из популяционной выборки, сформированной случайным образом среди трудоспособного населения Кемеровской области (в возрасте 25–64 лет), отобраны 700 мужчин (четвертая группа). Профессиональная структура референсной группы следующая: 32,38 % – работники физического труда, 36,93 % – умственного труда, 23,44 % – операторского труда, 7,25 % – пенсионеры.

Измерение артериального давления, определение диагноза и степени АГ проводилось в соответствии с рекомендациями РМОАГ/ВНОК (2010) у лиц с артериальным давлением $\geq 140/90$ мм рт. ст. или принимавших антигипертензивные препараты во время исследования по поводу ранее установленного диагноза АГ.

Возраст мужчин в исследуемых группах различался: в первой группе – $40,22 \pm 10,82$ г., во второй – $39,87 \pm 9,51$ г., в третьей – $37,75 \pm 9,76$ г., в четвертой – $45,87 \pm 11,45$ г. ($p < 0,001$). Определена следующая возрастная структура шахтеров: до 35 лет – 36,61 % (в четвертой группе – 24,43 %), 36–45 лет – 30,34 % (в четвертой – 21,86 %), с 46 лет – 33,05 % (в четвертой – 53,71 %).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием методов описательной и непараметрической статистики (критерий χ^2 Пирсона). Критический уровень статистической значимости принимался равным 0,05. Сравнивалась фактическая распространенность АГ у шахтеров с аналогичными показателями в группе сравнения, рассчитывались относительный риск (*RR*) и 95%-ный доверительный интервал (ДИ). Для устранения возрастных различий работников угледобывающих предприятий и группы сравнения проводилась прямая стандартизация по возрасту (за стандарт принимали данные референсной группы) [4, 5]. Рассчитывались частоты АГ в представленных профессиональных группах; для расчета относительного риска АГ строились таблицы сопряженности [8]. Известно, что в профессиональных группах, условия труда которых связаны с выраженным воздействием неблагоприятных факторов, отмечается снижение рисков сердечно-сосудистой заболеваемости за счет ЭЗН, что приводит к неадекватному заключению о благополучном состоянии здоровья. Для идентификации и устранения влияния ЭЗН использовалась методика, разработанная сотрудниками Научно-исследовательского института комплекс-

ных проблем сердечно-сосудистых заболеваний [3, 8]. На первом этапе определяли наличие и выраженность ЭЗН, для чего изучали распространенность АГ в наиболее молодой возрастной группе (до 35 лет). На втором этапе стандартизированные по возрасту показатели распространенности АГ корректировались на отношение частоты АГ в самых молодых сравниваемых профессиональных и референсной группах (до 35 лет) [3].

Результаты и их обсуждение. Работники угледобывающих предприятий характеризуются низкой распространенностью АГ по сравнению с неорганизованной выборкой населения Кемеровской области – 28,46 и 53,29 % соответственно ($p < 0,001$). В профессиональных группах удельный вес лиц с АГ следующий: в первой группе – 33,82 %, во второй – 24,6 %, в третьей – 24,24 %. У шахтеров отмечаются статистически значимые низкие риски АГ по сравнению с группой контроля. Так, *RR* в первой группе составляет 0,63 (95%-ный ДИ 0,56–0,71), во второй – 0,46 (95%-ный ДИ 0,39–0,55), в третьей – 0,45 (95%-ный ДИ 0,39–0,53).

Устранение с помощью стандартизации структурных различий в возрасте незначительно изменяет исходные величины профессиональных рисков в представленных группах (таблица).

В первой группе отмечается увеличение частоты АГ на 16 %, во второй и третьей – на 15 и 19 % соответственно, при этом во всех профессиональных группах риски АГ остаются статистически значимыми низкими. Так, в первой группе *RR* составляет 0,71 (95%-ный ДИ 0,63–0,79), во второй – 0,50 (95%-ный ДИ 0,43–0,59), в третьей – 0,55 (95%-ный ДИ 0,48–0,64).

Распространенность и риски артериальной гипертензии в профессиональных группах: исходные данные, стандартизированные по возрасту, скорректированные на «эффект здорового рабочего»

Исследуемые параметры		Профессиональная группа			
		первая	вторая	третья	четвертая
Доля лиц старше 50 лет, %		21,21	11,09	9,76	39,71
Исходные частота и риск артериальной гипертензии	Частота, %	33,82	24,6	24,24	53,29
	<i>RR</i>	0,63	0,46	0,45	–
	95%-ный ДИ	0,5–0,71	0,39–0,55	0,39–0,53	–
Стандартизированные частота и риск артериальной гипертензии	Частота, %	37,57	26,71	29,57	–
	<i>RR</i>	0,71	0,50	0,55	–
	95%-ный ДИ	0,63–0,79	0,43–0,59	0,48–0,64	–
Частота и риск артериальной гипертензии, скорректированные на «эффект здорового найма»	Частота, %	51,77	48,99	60,96	–
	<i>RR</i>	0,97	0,92	1,14	–
	95%-ный ДИ	0,88–1,07	0,82–1,03	1,04–1,26	–

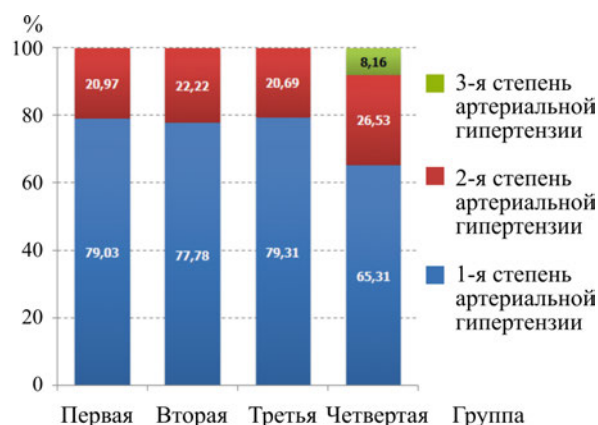


Рис. Распространенность артериальной гипертензии по степеням (%) в профессиональных группах до 35 лет

Частота АГ у работников до 35 лет в среднем по выборке составляет 16,83 %, что статистически значимо ниже, чем в группе сравнения – 28,65 % ($p = 0,0004$). Распространенность АГ в возрастной группе до 35 лет следующая: в первой профессиональной группе – 21,16 %, во второй – 16,67 %, в третьей – 11,79 %. Также необходимо отметить, у шахтеров до 35 лет не выявлена 3-я степень АГ, в то время как в референсной группе данный показатель составляет 8,16 %. Между тем частота АГ 1-й и 2-й степени среди обследованных до 35 лет оказалась сопоставимой (рисунок).

Полученные данные позволяют характеризовать молодых работников угледобывающих предприятий (до 35 лет) как более здоровую популяцию по сравнению с аналогичной возрастной группой неорганизованной выборки жителей Кемеровской области, что подтверждает наличие ЭЗН на этапе трудоустройства.

С целью устранения влияния ЭЗН проводилась корректировка распространенности АГ на отношение частоты АГ в группах шахтеров до 35 лет. В результате частота АГ увеличилась во всех исследуемых группах, однако статистически значимые различия зафиксированы лишь в третьей профессиональной группе: 60,96 и 53,29 % соответственно ($p = 0,005$) (см. таблицу). В первой и второй группах распространенность АГ составляет 51,77 и 48,99 % ($p < 0,05$). В результате корректировки полученных дан-

ных на ЭЗН изменились риски АГ в третьей профессиональной группе со статистически значимого низкого значения до статистически значимого высокого – с 0,55 (95%-ный ДИ 0,48–0,64) до 1,14 (95%-ный ДИ 1,04–1,26). Однако вероятность АГ в остальных группах оказалась сопоставимой с референсной: в первой группе RR составил 0,71 (95%-ный ДИ 0,63–0,79) до корректировки и 0,97 (95%-ный ДИ 0,88–1,07) – после учета ЭЗН, во второй – 0,50 (95%-ный ДИ 0,43–0,59) и 0,92 (95%-ный ДИ 0,82–1,03) соответственно. Таким образом, отмечено увеличение рисков АГ у шахтеров в первой группе на 14 %, во второй и третьей группах – на 22 и 31 % соответственно.

Согласно полученным данным, наибольший рост вероятности АГ наблюдается в третьей профессиональной группе – среди горнорабочих подземных и проходчиков. Исходно лица данных профессий характеризовались низкими значениями распространенности АГ, что можно объяснить воздействием профессионального отбора на этапе приема на работу. Однако с увеличением возраста и стажа работники подвергались тем же закономерностям постепенного роста частоты АГ, что и лица неорганизованной популяции. При этом воздействие неблагоприятных факторов, являющихся предикторами АГ [1, 16], привело к дополнительному увеличению риска АГ. Таким образом, при оценке распространенности и риска АГ в профессиональных группах, где невозможно исключить факт профессионального отбора, необходимо проводить дополнительную коррекцию для устранения влияния ЭЗН.

Выводы. Распространенность артериальной гипертензии у работников угледобывающих предприятий ниже по сравнению с неорганизованной выборкой населения Кемеровской области и составляет 28,46 и 53,29 %, соответственно.

Меньшая вероятность артериальной гипертензии у шахтеров обусловлена профессиональным отбором.

При устранении влияния «эффекта здорового найма» риск развития артериальной гипертензии значительно возрастает у горнорабочих подземных и проходчиков по сравнению с общей выборкой населения.

Список литературы

1. Бабанов С.А., Бараева Р.А. Поражения сердечно-сосудистой системы при профессиональных заболеваниях // *Consilium Medicum*. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 68–74.
2. Бондарев О.И., Бугаева М.С. Патогенетические аспекты развития артериальной гипертензии у работников угольной промышленности // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. – 2015. – № 1. – С. 46–50.
3. Идентификация профессионального риска артериальной гипертензии. Сообщение II. Устранение эффекта здорового рабочего / С.А. Максимов, А.Е. Скрипченко, А.П. Михайлуц, Г.В. Артамонова // *Гигиена и санитария*. – 2016. – Т. 95, № 4. – С. 365–369.
4. Кулеш С.Д. Возрастная стандартизация показателей здоровья // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. – 2011. – № 4. – С. 78–79.
5. Максимов С.А., Михайлуц А.П., Артамонова Г.В. Идентификация профессионального риска артериальной гипертензии. Сообщение I. Устранение модифицирующего влияния факторов сердечно-сосудистого риска // *Гигиена и санитария*. – 2016. – Т. 95, № 3. – С. 262–266.
6. Максимов С.А. Эффект здорового рабочего в эпидемиологических исследованиях // *Медицина в Кузбассе*. – 2015. – Т. 14, № 2. – С. 10–16.
7. Оценка условий труда, профессионального риска, состояния профессиональной заболеваемости и производственного травматизма рабочих угольной промышленности / Н.П. Головова, А.Г. Чеботарёв, Н.О. Каледина, Н.А. Хелковский-Сергеев // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. – 2011. – № 7. – С. 9–40.
8. Риски и их оценка в медико-биологических исследованиях: методические рекомендации / С.А. Максимов, С.Ф. Зинчук, Е.А. Давыдова, В.Г. Зинчук. – Кемерово: ГОУ ВПО КемГМА Росздрава, 2010. – 29 с.
9. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 23.04.2017).
10. Семенихин В.А. Профилактика профессиональных заболеваний у работников, занятых во вредных условиях труда: методические рекомендации. – Кемерово, 2015. – 34 с.
11. Телкова И.Л. Профессиональные особенности труда и сердечно-сосудистые заболевания: риск развития и проблемы профилактики. Клинико-эпидемиологический анализ // *Сибирский медицинский журнал*. – 2012. – Т. 27, № 1. – С. 17–26.
12. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России (ЭССЕ-РФ). Обоснование и дизайн исследования // *Профилактическая медицина*. – 2013. – Т. 16, № 6. – С. 25–34.
13. Басанец А.В., Андрущенко Т.А. Хвороби системи кровообігу при дії професійних факторів // *Український журнал з проблем медицини праці*. – 2010. – № 2 (22). – С. 71–81.
14. Arterial Hypertension as a Cardiovascular Risk Factor in an Elderly Community of Low Social Condition / I. Narváez, J.P. Sáez de Lafuente, Y. Sáez, P.J. Lafuente, J.A. Iriarte // *Journal of Clinical and Basic Cardiology*. – 2001. – Vol. 4, № 3. – P. 225–227.
15. Bonita R., Beaglehole R., Kjellstrom T. Basic epidemiology. – 2nd edition. – Geneva: World Health Organization, 2006. – 213 p.
16. Cross-section analysis of coal workers' pneumoconiosis and higher brachial-ankle pulse wave velocity within Kailuan study [Электронный ресурс] / Y. Zheng, L. Liang, T. Qin, G. Yang, S. An, Y. Wang, Z. Li, Z. Shao, X. Zhu, T. Yao, S. Wu, J. Cai // *BMC Public Health*. – 2017. – URL: <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4048-7> (дата обращения: 12.03.2017). DOI: 10.1186/s12889-017-4048-7.
17. Essential arterial hypertension and risk factors associated with hypertensive nephropathy / B. Milojković, B. Đindjić, S. Radenković, G. Kocić, B. Milojković // *Acta Medica Medianae*. – 2014. – Vol. 53, № 4. – P. 15–21. DOI: 10.5633/amm.2014.0403.
18. Epidemiology of occupational health / Edited by M. Karvonen and M.I. Mikheev. – Geneva: World Health Organization. WHO Regional Publications, European Series, 1986. – № 20. – 394 p.
19. Maksimov S.A., Artamonova G.V. Modeling of arterial hypertension's risk in occupational groups // *Russian Open Medical Journal*. – 2013. – Vol. 2, № 1. – P. 1–5.

Чигисова А.Н., Огарков М.Ю., Максимов С.А. Социально-гигиеническая оценка риска артериальной гипертензии у работников угледобывающих предприятий // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 76–82. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.09

UDC 616.12: 613.6

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.09.eng

RISK OF ARTERIAL HYPERTENSION IN WORKERS EMPLOYED AT COAL-MINING ENTERPRISES: SOCIAL AND HYGIENIC ASSESSMENT

A.N. Chigisova¹, M.Yu. Ogarkov^{1,2}, S.A. Maksimov¹

¹Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, 6 Sosnoviy blvd, Kemerovo, 650002, Russian Federation

²Novokuznetskiy State Institute for Medical Workers Development, 5 Stroiteley Ave., Novokuznetsk, 654005, Russian Federation

We analyzed risks of arterial hypertension development in occupational groups employed at coal-mining enterprises in Kemerovo region (1,915 workers). We used data on arterial hypertension development in Kemerovo region as our reference group; these data were obtained within the framework of ESSE-RF epidemiologic research (700 people aged 25–64 were examined). We noted that work at coal-mining enterprises involved several factors which could have negative influence on workers' health. Working conditions for those workers who had to stay in a mine during the whole working shift meant that workers were under negative impacts caused by unfavorable microclimate and heavy dust loads. To eliminate age discrepancies between workers employed at coal-mining enterprises and the reference group, we performed standardization as per age (data on the reference group were taken as our standard). We calculated arterial hypertension frequencies in the chosen occupational groups and determined relative risks of arterial hypertension via creation of contingency tables. To exclude any influence that might be exerted on relative risks of arterial hypertension by occupational selection, we corrected the obtained results as per "healthy recruitment effect". Miners had lower arterial hypertension prevalence among them than unorganized sampling made of ordinary Kemerovo region population, 28.46 % and 53.29 % ($p < 0.001$). We showed that statistically significant low risks of arterial hypertension among workers were due to occupational selection they had to undergo when being recruited. As we performed this correction as per "healthy recruitment effect" arterial hypertension risks for miners and drifters changed from statistically significant low to statistically significant high, from 0.55 (95 % CI 0.48–0.64) to 1.14 (95 % CI 1.04–1.26). So, if we want to assess arterial hypertension prevalence and risks in occupational groups where occupational selection can't be excluded we should perform this additional correction to remove "healthy recruitment effect".

Key words: risk assessment techniques, arterial hypertension, working population, occupational selection, a healthy worker effect, healthy recruitment effect, hygienic assessment of working conditions, ESSE-RF.

References

1. Babanov S.A., Baraeva R.A. Porazheniya serdechno-sosudistoi sistemy pri professional'nykh zabolevaniyakh [Damage to cardiovascular system caused by occupational diseases]. *Consilium Medicum*, 2014, vol. 16, no. 1, pp. 68–74 (in Russian).
2. Bondarev O.I., Bugaeva M.S. Patogeneticheskie aspekty razvitiya arterial'noi gipertenzii u rabotnikov ugol'noi promyshlennosti [Pathogenetic aspects of development of arterial hypertension in coal workers]. *Kompleksnyye problemy serdechno-sosudistykh zabolevaniy*, 2015, no. 1, pp. 46–50 (in Russian).
3. Maksimov S.A., Skripchenko A.E., Mikhailuts A.P., Artamonova G.V. Identifikatsiya professional'nogo riska arterial'noi gipertenzii. Soobshchenie II: Ustranenie effekta zdorovogo rabochego [Identification of occupational risk for arterial hypertension. Report II: elimination of the modifying influence of factors of cardiovascular risk]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 4, pp. 365–369 (in Russian).
4. Kulesh S.D. Vozrastnaya standartizatsiya pokazatelei zdorov'ya [Age standardization of health indicators]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2011, no. 4, pp. 78–79 (in Russian).
5. Maksimov S.A., Mikhailuts A.P., Artamonova G.V. Identifikatsiya professional'nogo riska arterial'noi gipertenzii. Soobshchenie I: ustranenie modifitsiruyushchego vliyaniya faktorov serdechno-sosudistogo riska [Identification of occupational risk for arterial hypertension. 1: elimination of the modifying influence of factors of cardiovascular risk]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 3, pp. 262–266 (in Russian).

© Chigisova A.N., Ogarkov M.Yu., Maksimov S.A., 2017

Antonina N. Chigisova – junior researcher at Laboratory for Cardiovascular Diseases Epidemiology (e-mail: chigan@kemcardio.ru; tel.: +7-960-916-40-93).

Mikhail Yu. Ogarkov – Doctor of Medical Sciences, Professor, head of Cardiology Department (e-mail: ogarmu@kemcardio.ru; tel.: +7-905-900-93-80).

Sergey A. Maksimov – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, leading researcher at Laboratory for Cardiovascular Diseases Epidemiology (e-mail: m1979sa@yandex.ru; tel.: +7 (3842) 64-42-40).

6. Maksimov S.A. Effekt zdorovogo rabocheho v epidemiologicheskikh issledovaniyakh [Healthy worker effect in epidemiological researches]. *Meditsina v Kuzbasse*, 2015, vol. 14, no. 2, pp. 10–16 (in Russian).

7. Golovkova N.P., Chebotarev A.G., Kaledina N.O., Khelkovskii-Sergeev N.A. Otsenka uslovii truda, professional'nogo riska, sostoyaniya professional'noi zaboлеваemosti i proizvodstvennogo travmatizma rabochikh ugol'noi promyshlennosti [Assessment of working conditions, occupational risk, occupational morbidity and occupational traumatism of coal-mining workers]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 2011, no. 7, pp. 9–40 (in Russian).

8. Maksimov S.A., Zinchuk S.F., Davydova E.A., Zinchuk V.G. Riski i ikh otsenka v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh: metodicheskie rekomendatsii [Risks and their assessment in medical and biological research: methodical guidelines]. Kemerovo, GOU VPO KemGMA Roszdrava Publ., 2010, 29 p. (in Russian).

9. R 2.2.2006-05. Gigiena truda. Rukovodstvo po gigenicheskoj otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda: Rukovodstvo [Labor hygiene. Guidelines on hygienic assessment of working environment and labor process factors. Criteria and working conditions classification: Guidelines]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (23.04.2017) (in Russian).

10. Semenikhin V.A. Profilaktika professional'nykh zabolevanii u rabotnikov, zanyatykh vo vrednykh usloviyakh truda: metodicheskie rekomendatsii [Prevention of occupational diseases for workers functioning under hazardous working conditions: methodical guidelines]. Kemerovo, 2015, 34 p. (in Russian).

11. Telkova I.L. Professional'nye osobennosti truda i serdechno-sosudistye zabolevaniya: risk razvitiya i problemy profilaktiki. Kliniko-epidemiologicheskii analiz [Occupational characteristics and cardiovascular diseases: the risk of development and the challenges for prevention. Clinical-epidemiological analysis]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal*, 2012, vol. 27, no. 1, pp. 17–26 (in Russian).

12. Epidemiologiya serdechno-sosudistyykh zabolevanii v razlichnykh regionakh Rossii (ESSE-RF). Obosnovanie i dizain issledovaniya [Epidemiology of cardiovascular diseases in different regions of Russia (esse-rf). The rationale for and design of the study]. *Profilakticheskaya meditsina*, 2013, vol. 16, no. 6, pp. 25–34 (in Russian).

13. Narváez I., Sáez de Lafuente J.P., Sáez Y., Lafuente P.J., Iriarte J.A. Arterial Hypertension as a Cardiovascular Risk Factor in an Elderly Community of Low Social Condition. *Journal of Clinical and Basic Cardiology*, 2001, vol. 4, no. 3, pp. 225–227.

14. Basanec' A.V., Andrushhenko T.A. Hvoroby systemy krovoobigu pry dii profesijnykh faktoriv [Cardiovascular diseases under the action of occupational factors]. *Ukrains'kyj zhurnal z problem medycyny praci*, 2010, vol. 22, no. 2, pp. 71–81 (In Ukrainian).

15. Bonita R., Beaglehole R., Kjellstrom T. Basic epidemiology. 2nd edition. Geneve, *World Health Organization*, 2006, 213 p.

16. Zheng Y., Liang L., Qin T., Yang G., An S., Wang Y., Li Z., Shao Z., Zhu X., Yao T., Wu S., Cai J. Cross-section analysis of coal workers' pneumoconiosis and higher brachial-ankle pulse wave velocity within Kailuan study. *BMC Public Health*, 2017. Available at: <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4048-7> (12.03.2017). DOI: 10.1186/s12889-017-4048-7

17. Milojković B., Đindjić B., Radenković S., Kocić G., Milojković B. Essential arterial hypertension and risk factors associated with hypertensive nephropathy. *Acta Medica Medianae*, 2014, vol. 53, no. 4, pp. 15–21. DOI: 10.5633/amm.2014.0403

18. Epidemiology of occupational health. In: M. Karvonen, M.I. Mikheev, eds. Geneve, *World Health Organization. WHO Regional Publications, European Series*, 1986, no. 20, 394 p.

19. Maksimov S.A., Artamonova G.V. Modeling of arterial hypertension's risk in occupational groups. *Russian Open Medical Journal*, 2013, vol. 2, no. 1, pp. 1–5.

Chigisova A.N., Ogarkov M.Yu., Maksimov S.A. Risk of arterial hypertension in workers employed at coal-mining enterprises: social and hygienic assessment. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 76–82. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.09.eng

Получена: 15.04.2017

Принята: 18.08.2017

Опубликована: 30.09.2017

УДК 338.45: 616.2: 613.6.02

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10

КЛИНИКО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РИСКА РАЗВИТИЯ И ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ПЫЛЕВОЙ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ РИСКА

А.Б. Бакиров¹, С.Р. Мингазова¹, Л.К. Каримова¹, П.В. Серебряков²,
Г.Ф. Мухаммадиева¹

¹Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94

²Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Россия, 141014, г. Мытищи, ул. Семашко, 2

Проведено комплексное клинико-гигиеническое обследование 234 больных профессиональным бронхитом работников, занятых в нефтехимической, горнорудной, машиностроительной отраслях промышленности, а также в строительстве. Группу «профессиональных» больных составили пациенты с пылевым бронхитом и токсико-пылевым бронхитом. Условия труда работников изученных отраслей экономики характеризовались преимущественным воздействием на организм промышленного аэрозоля сложного состава, соответствующего вредному классу 3.2–3.4. Показано, что факторы производственной среды оказывают негативное влияние на здоровье работников, приводят к прогрессирующему течению профессионального бронхита, формированию тяжелых осложнений, частоту развития сопутствующих заболеваний. Представлены результаты исследования содержания продуктов перекисного окисления липидов у работников, подвергающихся экспозиции промышленного аэрозоля. Установлено повышение активности процессов свободнорадикального окисления при воздействии промышленного аэрозоля, при этом отмечена зависимость роста продуктов перекисного окисления липидов со стажем работы во вредных условиях. С целью выявления ассоциации полиморфных вариантов генов ферментов биотрансформации ксенобиотиков с развитием профессионального бронхита методом полимеразной цепной реакции проведен анализ полиморфных локусов в группах больных (131 человек) и здоровых работников (156). Определены генетические маркеры, которые имеют протективное значение в отношении риска развития профессионального бронхита. Результаты исследований свидетельствуют, что характер развивающегося профессионального бронхита, особенности клинического проявления обуславливаются как профессиональным воздействием, так и индивидуальными особенностями организма.

Ключевые слова: условия труда, факторы риска, промышленный аэрозоль, работники, профессиональный бронхит, состояние здоровья, показатели здоровья, гены биотрансформации ксенобиотиков.

В настоящее время профессиональные заболевания респираторного тракта на промышленных предприятиях представляют большую медицинскую и социальную проблему, что обусловлено высокой распространенностью этой патологии и значительным экономическим ущербом в связи с временной и стойкой утратой трудоспособности квалифицированных рабочих [2, 4].

«Пылевые» заболевания относятся к группе мультифакторных, обусловленных сложным

взаимодействием факторов внешней среды и генетических признаков [5, 6, 7, 12, 17, 19].

Многочисленными исследованиями доказано, что промышленные аэрозоли являются фактором риска развития профессионального бронхита [3, 4, 9]. Присутствие различных компонентов в промышленном аэрозоле, их комплексное воздействие на органы дыхания в сочетании с многочисленными факторами экзо- и эндогенного характера в условиях различных

© Бакиров А.Б., Мингазова С.Р., Каримова Л.К., Серебряков П.В., Мухаммадиева Г.Ф., 2017

Бакиров Ахат Бариевич – доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: fbun@uniimtech.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57).

Мингазова Светлана Раисовна – кандидат медицинских наук, врач отделения профессиональной аллергологии и иммунореабилитации (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21).

Каримова Лилия Казымовна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела гигиены и физиологии труда (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21).

Серебряков Павел Валентинович – доктор медицинских наук, профессор, руководитель терапевтического отделения Института общей и профессиональной патологии (e-mail: drsilver@yanndex.ru; тел.: 8 (495) 582-97-00).

Мухаммадиева Гузель Фанисовна – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией молекулярно-генетических исследований отдела токсикологии и генетики (e-mail: ufniimt@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-19-48).

производств приводят к разнообразию клинических проявлений профессионального бронхита [1, 13, 15, 18].

На воздействие факторов производственной среды возможна индивидуальная ответная реакция организма человека, которая часто обусловлена генетическим полиморфизмом ферментов, участвующих в биотрансформации ксенобиотиков. В научной литературе имеются работы, доказывающие роль полиморфных генов цитохрома P-450, генов семейства глутатионтрансфераз в патогенетических механизмах развития профессиональных заболеваний бронхолегочной системы [8, 14].

Цель исследования – изучить клинико-гигиенические особенности формирования и течения бронхита у работников, подвергающихся воздействию промышленных аэрозолей.

Материалы и методы. В условиях стационара клиники ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» проведено углубленное обследование 234 больных «профессиональным» бронхитом. Все пациенты находились под динамическим наблюдением с момента установления диагноза заболевания, с профессиональной стороны были представлены занятыми в нефтехимической, горнорудной, машиностроительной отраслях промышленности, а также в строительстве. В исследовании применялись санитарно-гигиенические, клинико-лабораторные, молекулярно-генетические и статистические методы.

Условия труда обследованных оценивались по представленным санитарно-гигиеническим характеристикам условий труда Управлением Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, а также с учетом результатов исследований сотрудников отдела гигиены и физиологии труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». Проводилась оценка профессионального маршрута и стажа работы в условиях воздействия промышленной пыли, наличия таких предрасполагающих вредных факторов, как температура и влажность воздуха рабочей зоны, физических нагрузок.

Клинико-лабораторные методы включали общий анализ и биохимические исследования крови, микробиологические исследования мокроты, рентгенографию органов дыхания, оценку функции внешнего дыхания (вентиляционной функции), эхокардиографию. Показатели периферической крови оценивались методом электронно-импульсного подсчета кровяных клеток с помощью гематологического автома-

тического анализатора Sysmax (Япония). Для оценки интенсивности процессов свободнорадикального окисления липидов было проведено определение малонового диальдегида в сыворотке крови спектрофотометрическим методом. Выполнялись общий анализ мокроты, анализ мокроты на микрофлору и чувствительность к антибиотикам. Исследование функции внешнего дыхания проводилось с помощью компьютерной флоуметрии на спирометре Spirolab II.

Больных «профессиональным» бронхитом в зависимости от состава и характера промышленного аэрозоля разделили на две группы: I группа – больные токсико-пылевым бронхитом от воздействия промышленного аэрозоля, содержащего пыль токсических и/или алергизирующих соединений (140 человек); II группа – пациенты с пылевым бронхитом от воздействия слабофиброгенной пыли с низким содержанием металлов-аллергенов (94 человека). Соотношение мужчин и женщин составило в I группе 68 и 32 %, во II – 75 и 25 % соответственно. Средний возраст при выявлении профессионального хронического бронхита составил $46,76 \pm 7,72$ г. Возрастно-стажевые показатели в обеих группах различий не имели. В группу сравнения вошли 156 здоровых работников горно-обогатительного комбината со стажем работы во вредных условиях труда более 10 лет, не имеющих в анамнезе патологии органов дыхания и признанных годными к дальнейшей работе в своей профессии. Стаж работы во вредных условиях составил $13,28 \pm 6,6$ г., средний возраст – $43,37 \pm 0,55$ г.

Все обследованные больные I и II групп были объединены вместе и разделены на группы курящих и некурящих. Группу активных курильщиков составили 112 человек (47,9 %), бывших курильщиков – 41 (17,5 %). В группу некурящих вошли 122 человека (52,1 %). Всем курильщикам рассчитывался индекс курящего человека.

Молекулярно-генетические исследования проведены у 131 больного «профессиональным» бронхитом и у 156 здоровых работников группы сравнения. Выделение ДНК осуществляли стандартным методом фенольно-хлороформной экстракции [16]. Для анализа полиморфных вариантов генов первой (A2455G гена *CYP1A1*, C1053T гена *CYP2E1*, A415G гена *EPHX1*) и второй (генов *GSTM1*, *GSTT1* и *GSTP1*) фаз биотрансформации ксенобиотиков применяли метод полимеразной цепной реакции синтеза ДНК. Группу «профессиональных» больных состави-

ли 53 человека, больных пылевым бронхитом, и 78 – токсико-пылевым бронхитом. Все пациенты были распределены по степени тяжести на три группы: с легкой степенью тяжести (38), средней (21) и тяжелой (72).

Математическую обработку проводили с помощью пакета программ Statistica v.6.0 (StatSoft), MS Office Excel 2007 с использованием *t*-критерия Стьюдента, критерия χ^2 с поправкой Йетса для таблиц сопряженности 2×2, критерия Фишера. Силу ассоциаций оценивали в значениях показателя соотношения шансов (*Odds ratio*, *OR*).

Результаты и их обсуждение. На основании комплекса клинико-гигиенических исследований установлено, что развитие токсико-пылевого бронхита было связано с длительным воздействием (средний стаж $22,65 \pm 0,54$ г.) на работников нефтехимической и химической отраслей, сварочного производства промышленных аэрозолей, содержащих пыль токсических и/или аллергизирующих соединений в концентрациях, превышающих ПДК в 6–11 раз (класс 3.3–3.4), в сочетании с неблагоприятным микроклиматом, производственным шумом, тяжестью трудового процесса (класс 3.1–3.2).

Пылевой бронхит развивался в результате воздействия слабофиброгенной пыли (средний стаж $22,61 \pm 0,53$ г.) с содержанием диоксида кремния 6–8 %. Пылевой бронхит диагностировался у работников, занятых добычей медно-цинковых колчеданных руд подземным способом, а также у работников механических цехов машиностроительных предприятий. Воздействие пыли в концентрациях, превышающих ПДК в 7–12 раз (класс 3.3–3.4), при большом стаже работы нередко сочеталось с влиянием вибрации, шума, неблагоприятного микроклимата и тяжелыми физическими нагрузками (класс 3.1–3.2).

При анализе жалоб выявлено, что ведущей жалобой у всех больных был кашель: непродуктивный – у 29,5 %, кашель со слизистой мокротой – у 45,7 %, с выделением слизисто-гноющей мокроты – у 24,8 %. Жалобы на одышку при интенсивной нагрузке, быстрой ходьбе предъявляли 25,6 %, при умеренной физической нагрузке – 50,4 %, в покое – 9,0 %, лишь 14,9 % больных не имели жалоб на одышку. У 34,2 % пациентов были эпизоды свистящего дыхания и выраженной одышки. Мокроту слизистого характера выделяли 52,1 % больных II группы и 41,4 % – I ($\chi^2 = 15,1$; $p = 0,0007$; $df = 1$). Мокроту слизисто-гноющей характера чаще выделяли больные I группы (30,7 %), чем II (16,0 %)

($\chi^2 = 5,80$; $p = 0,017$; $df = 1$). Клинико-функциональные отклонения нарастали по мере прогрессирования заболевания и присоединения осложнений. Объективные признаки соответствовали стадии заболевания. Группы были сопоставимы по степени дыхательных расстройств и однотипности жалоб.

У 62 % обследованных по результатам исследований функций внешнего дыхания и лучевых методов диагностики выявлены признаки бронхолегочной обструкции и эмфиземы легких, что дало основание для постановки диагноза хронической обструктивной болезни легких. У 38 % пациентов диагностирован хронический необструктивный бронхит, у 37,2 % выявлена картина диффузного пневмосклероза, у 24,8 % – признаки легочной гипертензии. В 26,9 % случаев обнаружены характерные для бронхоэктазий рентгенологические изменения ячеистого вида. У больных I группы – по сравнению с данными II группы больных ($\chi^2 = 4,410$; $p = 0,03$; $df = 1$) – достоверно чаще встречались бронхоэктазии ($\chi^2 = 4,19$; $p = 0,04$; $df = 1$), хроническое легочное сердце (30,0 против 17,02 %).

У больных «профессиональным» бронхитом в 38 % случаев выявлено увеличение лейкоцитов, палочкоядерных нейтрофилов, моноцитов и СОЭ, в 18 % установлена диспротеинемия (гипоальбуминемия – преимущественно за счет повышения содержания α_2 -, β -глобулинов).

Проведенное исследование по изучению степени активности свободнорадикальных процессов в I и II группах выявило повышение интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ) в 2,3 раза по отношению к данным группы сравнения ($p < 0,001$).

У пациентов с «профессиональным» бронхитом по мере увеличения стажа работы выявлена убедительная тенденция к увеличению активности перекисного окисления липидов, оцениваемая по содержанию малонового диальдегида (табл. 1).

Таблица 1

Уровни продуктов ПОЛ в I и II группах,
M ± *m*

Показатель	Группа I	Группа II	Группа сравнения
Малоновый диальдегид, мкмоль/л	5,53 ± 0,8*	5,47 ± 0,7*	2,42 ± 0,04

Примечание: * – достоверность различий с группой сравнения ($p < 0,001$).

По результатам проведенных микробиологических исследований мокроты установлено, что у 74,8 % пациентов с профессиональными бронхитами преобладала бактериальная микрофлора, представленная преимущественно в виде 2–4-компонентных ассоциаций.

Среди выявленных микроорганизмов у больных чаще встречались бактерии рода *Staphylococcus* (75,1 %) и *Streptococcus* (62,6 %). Представители семейства *Enterobacteriaceae* и грамотрицательные неферментирующие бактерии были обнаружены несколько реже – у 18,7 и 13,8 % больных соответственно.

Наибольшее количество лиц с диагностически значимой степенью обсеменения было выявлено в I группе: в 3,4 раза чаще, чем во II, были обнаружены *Kl. pneumoniae*, в 2,7 раза – грибы рода *Candida*, в 2,5 раза – *Br. Catarrhalis* (рис. 1).

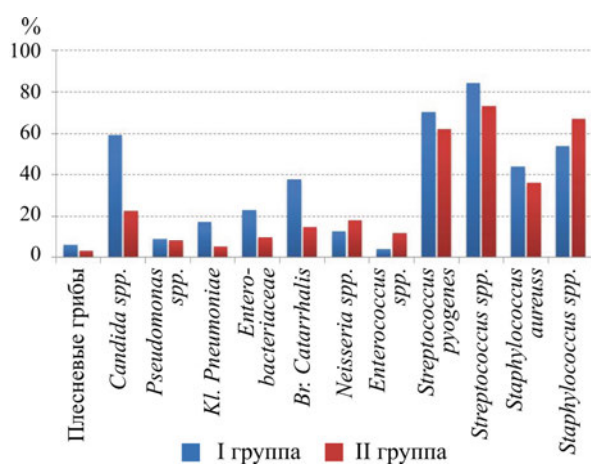


Рис. 1. Микрофлора, высеваемая из мокроты, у обследованных I и II групп, %

Курение как самостоятельный фактор может играть существенную роль в развитии и прогрессировании хронического бронхита у людей, подвергающихся воздействию промышленных аэрозолей [10, 11, 20].

Учитывая важную роль табакокурения в генезе хронического бронхита, мы провели анализ вентиляционных нарушений у больных в зависимости от статуса курения. В структуре больных «профессиональным» бронхитом с I степенью дыхательной недостаточности преобладали некурящие лица. У курильщиков и экскурильщиков значительно чаще диагностировались тяжелые стадии хронического бронхита с выраженной дыхательной недостаточностью II–III степени. Тяжесть дыхательной недостаточности нарастала с увеличением индекса курильщика.

Политропность большинства факторов производственной среды и сочетанное воздействие одновременно нескольких неблагоприятных факторов обуславливают частое развитие сопутствующих заболеваний у больных профессиональным бронхитом.

У 19,2 % обследованных выявлена сопутствующая профессиональная патология других органов и систем, при этом у 9,4 % диагностировано три, у 1,7 % – четыре профессиональных заболевания. Как правило, заболевания развивались при значительном стаже работы (более 20 лет) и характеризовались постепенным развитием и хроническим течением. В структуре превалировала патология сенсомоторной системы, которая была представлена вегетативно-сенсорной полиневропатией (13,25 %), хронической пояснично-крестцовой радикулопатией (3,0 %), плечелопаточным периартрозом (3,8 %), эпикондилитом плеч (1,3 %). Профессиональная патология ЛОР-органов диагностирована у 5,0 % больных (нейросенсорная тугоухость, аллергический ринит).

Проведен ретроспективный анализ медицинской документации 82 больных «профессиональным» бронхитом (852 истории болезни) с периодом наблюдения за каждым пациентом более 10 лет. Анализ показал достоверное ухудшение всех вентиляционных показателей на конец анализируемого периода с переходом в obstructивные и рестриктивно-obstructивные нарушения.

При первичном освидетельствовании больных в бюро медико-социальной экспертизы выявлен значительный удельный вес инвалидности (61,5 % пациентов с токсико-пылевым бронхитом и 40,0 % – с пылевым бронхитом). Вторая группа инвалидности определена у 19,2 % больных I группы и у 20,0 % – II группы, третья группа – у 42,3 и у 20,0 % соответственно. На конец анализируемого периода (через 10 лет) доля лиц с установленной инвалидностью в I группе увеличилась на 11,6 %, во II группе – на 26,7 %. Следует отметить, что в I группе на 23,1 % возросло количество лиц с более тяжелой II группой инвалидности, во II группе – на 6,7 %.

Для идентификации генотипов, ассоциированных с предрасположенностью к поражению бронхолегочного аппарата, проведено сравнение больных «профессиональным» бронхитом и здоровых работников: по полиморфным локусам генов *CYP2E1*, *GSTM1* и *GSTT1* существенных различий не обнаружено.

Выявлено статистически значимое повышение аллеля *2C полиморфного варианта A2455G гена *CYP1A1* в группе здоровых работников до 23,7 % по сравнению с 13,5 % в группе больных ($\chi^2 = 7,05$; $p = 0,009$), что маркирует устойчивость к развитию заболевания ($OR = 0,50$; 95 % CI 0,30–0,84).

Изучение распределения частот фенотипов гена микросомальной эпоксидгидролазы (*EPHX1*) показало повышение частоты быстрого фенотипа микросомальной эпоксидгидролазы в группе здоровых работников до 20,5 % по сравнению с 10,9 % в группе больных «профессиональным» бронхитом ($\chi^2 = 4,18$; $p = 0,041$), что может указывать на большую адаптационную способность лиц, имеющих быстрый фенотип эпоксидгидролазы. Таким образом, быстрый фенотип полиморфного варианта T337C гена *EPHX1* является в данном случае фактором устойчивости, снижающим риск развития профессионального бронхита ($OR = 0,47$; 95 % CI 0,23–0,97).

Анализ полиморфного варианта A313G гена *GSTP1* показал повышение гетерозиготного генотипа *A*G у здоровых работников до 45,5 % по сравнению с 31,2 % – у больных ($\chi^2 = 5,38$; $p = 0,021$). Предположительно генотип *A*G является маркером устойчивости к развитию профессионального бронхита ($OR = 0,54$; 95 % CI 0,32–0,92) (табл. 2).

При сравнительном анализе распределения частот генотипов и аллелей полиморфных локусов генов *CYP2E1*, *EPHX*, *GSTM1*, *GSTT1* в группах больных токсико-пылевым и пылевым бронхитом существенных различий не получено. В группе пациентов с токсико-пылевым бронхитом более чем в два раза снижена частота генотипа *1A*2C полиморфного варианта A2455G гена *CYP1A1* (10,4 %) по сравнению с группой сравнения (23,7 %) ($\chi^2 = 4,23$; $p = 0,039$; $df = 1$), что является маркером устойчивости

развития токсико-пылевого бронхита ($OR = 0,37$; 95 % CI 0,14–0,96).

Сравнение токсико-пылевого и пылевого бронхита на основе анализа полиморфных вариантов генов микросомальной монооксигеназной системы и антиоксидантной защиты продемонстрировало принципиальное сходство патогенеза хронического бронхита, развившегося в результате вдыхания слабофиброгенной пыли и промышленного аэрозоля сложного состава, включающего вещества общетоксического и сенсибилизирующего действия.

Анализ полиморфного варианта A2455G гена *CYP1A1* в группах больных с различным течением заболевания показал, что гетерозиготный генотип *1A*2C полиморфного варианта A2455G гена *CYP1A1* встречался у 35,3 % больных с легкой степенью тяжести заболевания, у 22,2 % со средней степенью тяжести, у 12,5 % – с тяжелым течением, и не встречался у больных с крайне тяжелым течением заболевания ($\chi^2 = 13,89$; $p = 0,031$; $df = 6$) (рис. 2). Гетерозиготный генотип *CYP1A1**1A*2C можно рассматривать как протективный фактор в отношении развития бронхита в группе больных токсико-пылевым бронхитом.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что характер развивающегося профессионального бронхита, особенности клинического проявления определяются не только вредными факторами производственной среды, но и индивидуальными особенностями организма. В результате изучения полиморфизма генов ферментов биотрансформации ксенобиотиков выявлены генетические маркеры, ассоциированные с устойчивостью работников к развитию профессионального бронхита.

Таблица 2

Распределение частот полиморфного варианта A313G гена *GSTP1* у больных «профессиональным» бронхитом и в группе сравнения

Генотип	Больные «профессиональным» бронхитом		Группа сравнения		χ^2	p
	n	%	n	%		
*A*A	75	60,0	79	50,6	2,09	0,149
*A*G	39	31,2	71	45,5	5,38	0,021
*G*G	11	8,8	6	3,9	2,19	0,139

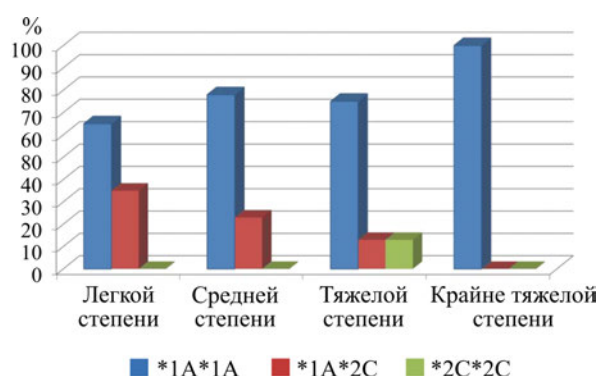


Рис. 2. Распределение частот генотипов полиморфного варианта A2455G гена *CYP1A1* у больных II группы в зависимости от степени тяжести заболевания

Выводы:

1. Условия труда работников изученных отраслей экономики характеризовались преимущественным воздействием на организм промышленного аэрозоля сложного состава, соответствующего вредному классу 3.2–3.4. У работников нефтехимической и химической отраслей, сварочного производства развивался преимущественно токсико-пылевой бронхит от воздействия промышленного аэрозоля сложного состава с содержанием пыли общетоксического, сенсибилизирующего и раздражающего действия; у работников горнорудной промышленности и машиностроения – от воздействия слабофиброгенной пыли с невысоким содержанием металлов-аллергенов формировался так называемый пылевой бронхит (в отличие от I группы).

2. Течение профессионального бронхита у работников, подвергающихся воздействию промышленных аэрозолей, имело ряд особенностей: заболевание характеризовалось прогрессирующим течением, приводящим к ранней инвалидизации вследствие нарастания обструк-

тивно-рестриктивных нарушений, раннего присоединения инфекции, развитием тяжелых осложнений, в том числе легочного сердца.

3. Установлена гиперактивация процессов свободнорадикального окисления при длительном воздействии промышленного аэрозоля, выявлено достоверное нарастание продуктов перекисного окисления липидов с увеличением стажа работы во вредных условиях.

4. Протективными маркерами в отношении развития профессионального бронхита являются аллель *2С полиморфного варианта A2455G гена *CYP1A1*, генотип AG полиморфного варианта A313G гена *GSTP1* и быстрый фенотип полиморфного варианта T337C гена *EPHX1*. Генотип *1A*2С полиморфного варианта A2455G гена *CYP1A1* ассоциирован с более легким течением пылевого бронхита.

5. Представлен комплекс информативных молекулярно-генетических и биохимических маркеров, направленных на оценку риска развития профессионального бронхита и индивидуального прогноза заболевания.

Список литературы

1. Актуальные проблемы пульмонологии в современной профпатологической клинике / Л.А. Шпагина, Е.Л. Потеряева, О.С. Котова, И.С. Шпагин, Е.Л. Смирнова // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 9. – С. 11–14.
2. Бабанов С.А., Будащ Д.С. Клинико-лабораторные особенности и прогнозирование течения хронического пылевого бронхита, силикоза и пневмокониоза от воздействия сварочных аэрозолей // Санитарный врач. – 2016. – № 4. – С. 37–47.
3. Влияние длительного воздействия промышленных аэрозолей на функциональное состояние бронхолегочной системы у работников алюминиевого производства / Е.А. Бейгель, Е.В. Катаманова, С.Ф. Шаяхметов, О.В. Ушакова, Н.А. Павленко, А.Н. Кукс, Д.А. Воронин // Гигиена и санитария. – 2016. – № 12. – С. 1160–1163.
4. Профессиональные заболевания органов дыхания: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, А.Г. Чучалина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 792 с.
5. Молекулярно-генетические исследования в медицине труда / Н.Ф. Измеров, Л.П. Кузьмина, М.М. Коляскина, Н.А. Лазарашвили // Гигиена и санитария. – 2011. – № 5. – С. 10–14.
6. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких с позиций молекулярно-генетических исследований / Л.А. Шпагина, М.И. Воевода, О.С. Котова, В.Н. Максимов, П.С. Орлов, И.С. Шпагин, О.Н. Герасименко, С.В. Бобров // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2013. – № 49. – С. 8–15.
7. Роль генетических факторов в развитии хронического пылевого бронхита у работников угледобывающих предприятий Кузбасса / Н.И. Гафаров, В.В. Захаренков, Н.И. Панев, А.Н. Кучер, М.Б. Фрейдин, А.А. Рудко // Гигиена и санитария. – 2013. – № 4. – С. 44–47.
8. Современные медицинские технологии в диагностике и оценке риска развития профессиональных заболеваний / Л.П. Кузьмина, М.М. Коляскина, Н.А. Лазарашвили, Л.М. Безрукавникова, Н.И. Измерова, В.Ю. Санин, Я.А. Петинати, Э.С. Цидильковская, Ю.С. Помыканова, И.Я. Чистова // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 7. – С. 9–13.
9. Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г., Меринов А.В. Оценка токсико-пылевого фактора в производстве алюминия (аналитический обзор) // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 4. – С. 30–35.
10. Шилов В.В., Сюрин С.А. Влияние курения и производственных аэрополлютантов на респираторное здоровье работников никелевой промышленности // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 11. – С. 40–44.

11. Эффективность ранней диагностики и профилактики хронической обструктивной болезни легких у работников промышленных предприятий (результаты проспективного наблюдения) / С.В. Бобров, Л.А. Шпагина, Г.В. Кузнецова, М.П. Бурганова // Медицина труда и промышленная экология. – 2011. – № 10. – С. 6–10.
12. Association of the CYP1A1 MspI and TNF α -308 polymorphisms with chronic obstructive pulmonary disease in Inner Mongolia / L. Yang, F. Li, M. Yan, X. Su // Genet. Mol. Res. – 2014. – Vol. 13, № 2. – P. 3209–3217.
13. COPD and occupation: a retrospective cohort study of industrial workers / N.N. Mazitova, A.A. Saveliev, Z.M. Berheeva, N.Kh. Amirov // Arh. Hig. Rada Toksikol. – 2012. – Vol. 63, № 3. – P. 345–356.
14. Genetic Predisposition to Chronic Dust Bronchitis among Potash Miners / L.V. Dubovskaya, T.M. Rybina, Y.S. Bakakina, O.F. Kardash, N.P. Denisevich, I.D. Volotovskii // J. Med. and Biol. Sci. Res. – 2015. – Vol. 1, № 6. – P. 55–61.
15. Lifetime occupational exposure to dusts, gases and fumes is associated with bronchitis symptom and higher diffusion capacity in COPD patients / E. Rodríguez, J. Ferrer, J.P. Zock, I. Serra, J.M. Antó, J. de Batlle, H. Kromhout, R. Vermeulen, D. Donaire-González, M. Benet, E. Balcells, E. Monsó, A. Gayete, J. Garcia-Aymerich; PAC-COPD Study Group // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 2. – e88426.
16. Mathew C.C. The isolation of high molecular weight eucariotic DNA // Methods in molecular biology. – Ed. Walker J.M. N.Y.; Haman press, 1984. – P. 31–34.
17. Occupational chronic obstructive pulmonary disease: a systematic literature review / O. Omland, E.T. Würtz, T.B. Aasen, P. Blanc, J.B. Brisman, M.R. Miller, O.F. Pedersen, V. Schlünssen, T. Sigsgaard, C.S. Ulrik, S. Viskum // Scand. J. Work Environ. Health. – 2014. – Vol. 40, № 1. – P. 19–35.
18. Occupational risk factors for COPD phenotypes in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) Lung Study / B. Doney, E. Hnizdo, M. Graziani, G. Kullman, C. Burchfiel, S. Baron, K. Fujishiro, P. Enright, J.L. Hankinson, K.H. Stukovsky, C.J. Martin, K.M. Donohue, R.G. Barr // COPD. – 2014. – Vol. 11, № 4. – P. 368–380.
19. Occupational exposure to dusts, gases, and fumes and incidence of chronic obstructive pulmonary disease in the Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults / A.J. Mehta, D. Miedinger, D. Keidel, R. Bettschart, A. Bircher, P.O. Bridevaux, I. Curjuric, H. Kromhout, T. Rochat, T. Rothe, E.W. Russi, T. Schikowski, C. Schindler, J. Schwartz, A. Turk, R. Vermeulen, N. Probst-Hensch, N. Künzli; SAPALDIA Team // Am. J. Respir. Crit. Care Med. – 2012. – Vol. 185, № 12. – P. 1292–1300.
20. Rushton L. Occupational causes of chronic obstructive pulmonary disease // Rev. Environ. Health. – 2007. – Vol. 22, № 3. – P. 195–212.

Клинико-гигиенические аспекты риска развития и прогрессирования пылевой бронхолегочной патологии у работников различных отраслей экономики под воздействием производственных факторов риска / А.Б. Бакиров, С.Р. Мингазова, Л.К. Каримова, П.В. Серебряков, Г.Ф. Мухаммадиева // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 83–91. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10

UDC 338.45:616.2:613.6.02

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10.eng

RISK OF DUST BRONCHOPULMONARY PATHOLOGY DEVELOPMENT IN WORKERS EMPLOYED IN VARIOUS ECONOMIC BRANCHES UNDER IMPACTS EXERTED BY OCCUPATIONAL RISK FACTORS: CLINICAL AND HYGIENIC ASPECTS

**A.B. Bakirov¹, S.R. Mingazova¹, L.K. Karimova¹, P.V. Serebryakov²,
G.F. Mukhammadieva¹**

¹ Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation

² F.F. Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene, 2 Semashko Str., Myitishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

We performed complex clinical and hygienic research on 234 workers suffering from occupational bronchitis; they were employed in petrochemical industry, mining, civil engineering, as well as in construction. Group of workers with occupational diseases comprised those suffering from dust bronchitis and toxic-dust bronchitis. Workers employed in the examined branches had to work under exposure to production aerosols with complex structure and they working conditions had

3.2–3.4 hazard degree. We showed that occupational factors exerted negative influence on workers' health as they caused occupational bronchitis development, grave complications, and frequent associated diseases evolvement. The paper dwells on the results of our research on lipid peroxidation products content in workers exposed to production aerosols. We detected increased activity of free radical oxidation caused by impacts exerted by production aerosols; here we revealed that growth in lipid peroxidation products depended on duration of work under hazardous conditions. We set a goal to detect correlation between polymorph gene types of xenobiotics transformation enzymes and occupational bronchitis evolvement via polymerase chain reaction technique; to achieve this, we analyzed polymorphic locuses in a group of sick workers (131 people) and healthy ones (156 people). We determined genetic markers which had protective significance in terms of occupational bronchitis evolvement risk. The research results prove that occupational bronchitis nature and peculiarities of its clinic picture are determined both by occupational impacts and individual features of a worker's body.

Key words: working conditions, risk factors, production aerosols, workers, occupational bronchitis, health state, health parameters, xenobiotics transformation genes.

References

1. Shpagina L.A., Poteryaeva E.L., Kotova O.S., Shpagin I.S., Smirnova E.L. Aktual'nye problemy pul'monologii v sovremennoi profpatologicheskoi klinike [Topical problems of pulmonology in contemporary occupational medicine]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 9, pp. 11–14 (in Russian).
2. Babanov S.A., Budash D.S. Kliniko-laboratornye osobennosti i prognozirovanie techeniya khronicheskogo pylevogo bronkhita, silikoza i pnevmokonioza ot vozdeistviya svarochnykh aerorozolei [Clinical and laboratory peculiarities and forecasts for development of chronic dust bronchitis, silicosis and pneumoconiosis caused by exposure to welding aerosols]. *Sanitarnyi vrach*, 2016, no. 4, pp. 37–47 (in Russian).
3. Beigel' E.A., Katamanova E.V., Shayakhmetov S.F., Ushakova O.V., Pavlenko N.A., Kuks A.N., Voronin D.A. Vliyaniye dlitel'nogo vozdeistviya promyshlennykh aerorozolei na funktsional'noe sostoyaniye bronkholegochnoi sistemy u rabotnikov alyuminievogo proizvodstva [The impact of the long-term exposure of industrial aerosols on clinical and functional indices of the broncho-pulmonary system in aluminum smelter workers]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, no. 12, pp. 1160–1163 (in Russian).
4. Professional'nye zabolevaniya organov dykhaniya: natsional'noe rukovodstvo [Occupational diseases of respiratory organs: national guide]. In: N.F. Izmerov, A.G. Chuchalin, eds. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2015, 792 p. (in Russian).
5. Izmerov N.F., Kuz'mina L.P., Kolyaskina M.M., Lazarashvili N.A. Molekulyarno-geneticheskie issledovaniya v meditsine truda [Molecular genetic studies in occupational medicine]. *Gigiena i sanitaria*, 2011, no. 5, pp. 10–14 (in Russian).
6. Shpagina L.A., Voevoda M.I., Kotova O.S., Maksimov V.N., Orlov P.S., Shpagin I.S., Gerasimenko O.N., Bobrov S.V. Professional'naiya khronicheskaiya obstruktivnaiya bolezn' legkikh s pozitsii molekuliarno-geneticheskikh issledovaniy [Occupational chronic obstructive pulmonary disease from the point of molecular genetic research]. *Bulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*, 2013, no. 49, pp. 8–15. (in Russian).
7. Gafarov N.I., Zakharenkov V.V., Panev N.I., Kucher A.N., Freidin M.B., Rudko A.A. Rol' geneticheskikh faktorov v razvitiy khronicheskogo pylevogo bronkhita u rabotnikov ugledobyvaiushchikh predpriyatii Kuzbassa [The role of genetic factors in the development of chronic dust bronchitis in workers of coal mining enterprises of Kuzbass]. *Gigiena i sanitaria*, 2013, no. 4, pp. 44–47. (in Russian).
8. Kuz'mina L.P., Kolyaskina M.M., Lazarashvili N.A., Bezrukavnikova L.M., Izmerova N.I., Sanin V.Yu., Petinati Ya.A., Tsidil'kovskaya E.S., Pomykanova Yu.S., Chistova I.Ya. Sovremennyye meditsinskie tekhnologii v diagnostike i otsenke riska razvitiya professional'nykh zabolevaniy [Contemporary medical technologies in diagnosis and evaluating risk of occupational diseases]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2013, no. 7, pp. 9–13 (in Russian).

© Bakirov A.B., Mingazova S.R., Karimova L.K., Serebryakov P.V., Mukhammadieva G.F., 2017

Akhat B. Bakirov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: fbun@uniimtech.ru; tel.: + 7 (347) 255-19-57).

Svetlana R. Mingazova – Candidate of Medical Sciences, a physician at Occupational Allergology and Immune Rehabilitation Department (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: + 7 (347) 255-57-21).

Liliya K. Karimova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher at Occupational Hygiene and Physiology Department (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: + 7 (347) 255-57-21).

Pavel V. Serebryakov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Therapy Department at Common and Occupational Pathology Institute (e-mail: drsilver@yandex.ru; tel.: + 7 (495) 582-97-00).

Guzel F. Mukhammadieva – Candidate of Biological Sciences, Head of Molecular and Genetic Research Laboratory at Toxicology and Genetics Department (e-mail: ufniimt@mail.ru; tel.: + 7 (347) 255-19-48).

9. Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G., Merinov A.V. Otsenka toksiko-pylevogo faktora v proizvodstve aluminiuma (analiticheskii obzor) [Evaluation of toxic dust factor in aluminium production (analytic review)]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 4, pp. 30–35. (in Russian).
10. Shilov V.V., Syurin S.A. Vliyanie kureniya i proizvodstvennykh aeropollutantov na respiratornoe zdorov'e rabotnikov nikel'voi promyshlennosti [Influence of smoking and industrial air pollutants on respiratory health of nickel industry workers]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 11, pp. 40–44 (in Russian).
11. Bobrov S.V., Shpagina L.A., Kuznetsova G.V., Burganova M.R. Effektivnost' rannei diagnostiki i profilaktiki khronicheskoi obstruktivnoi bolezni legkikh u rabotnikov promyshlennykh predpriyatii (rezul'taty prospektivnogo nablyudeniya) [Efficiency of early diagnosis and prevention of chronic obstructive pulmonary disease in industrial workers (prospective observation results)]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2011, no. 10, pp. 6–10 (in Russian).
12. Yang L., Li F., Yan M., Su X. Association of the CYP1A1 MspI and TNF α -308 polymorphisms with chronic obstructive pulmonary disease in Inner Mongolia. *Genet. Mol. Res.*, 2014, vol. 13, no. 2, pp. 3209–3217.
13. Mazitova N.N., Saveliev A.A., Berheeva Z.M., Amirov N.Kh. COPD and occupation: a retrospective cohort study of industrial workers. *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, 2012, vol. 63, no. 3, pp. 345–356.
14. Dubovskaya L.V., Rybina T.M., Bakakina Y.S., Kardash O.F., Denisevich N.P., Volotovskii I.D. Genetic Predisposition to Chronic Dust Bronchitis among Potash Miners. *J. Med. and Biol. Sci. Res.*, 2015, vol. 1, no. 6, pp. 55–61.
15. Rodríguez E., Ferrer J., Zock J.P., Serra I., Antó J.M., de Batlle J., Kromhout H., Vermeulen R., Donaire-González D., Benet M., Balcells E., Monsó E., Gayete A., Garcia-Aymerich J. PAC-COPD Study Group. Lifetime occupational exposure to dusts, gases and fumes is associated with bronchitis symptom and higher diffusion capacity in COPD patients. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 2, e88426.
16. Mathew C.C. The isolation of high molecular weight eucariotic DNA. In: Walker J.M., Ed. *Methods in molecular biology*. N.Y.: Haman press, 1984, pp. 31–34.
17. Omland O., Würtz E.T., Aasen T.B., Blanc P., Brisman J.B., Miller M.R., Pedersen O.F., Schläpsssen V., Sigsgaard T., Ulrik C.S., Viskum S. Occupational chronic obstructive pulmonary disease: a systematic literature review. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2014, vol. 40, no. 1, pp. 19–35.
18. Doney B., Hnizdo E., Graziani M., Kullman G., Burchfiel C., Baron S., Fujishiro K., Enright P., Hankinson J.L., Stukovsky K.H., Martin C.J., Donohue K.M., Barr R.G. Occupational risk factors for COPD phenotypes in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) Lung Study. *COPD*, 2014, vol. 11, no. 4, pp. 368–380.
19. Mehta A.J., Miedinger D., Keidel D., Bettschart R., Bircher A., Bridevaux P.O., Curjuric I., Kromhout H., Rochat T., Rothe T., Russi E.W., Schikowski T., Schindler C., Schwartz J., Turk A., Vermeulen R., Probst-Hensch N., Künzli N.; SAPALDIA Team. Occupational exposure to dusts, gases, and fumes and incidence of chronic obstructive pulmonary disease in the Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2012, vol. 185, no. 12, pp. 1292–1300.
20. Rushton L. Occupational causes of chronic obstructive pulmonary disease. *Rev. Environ. Health*, 2007, vol. 22, no. 3, pp. 195–212.

Bakirov A.B., Mingazova S.R., Karimova L.K., Serebryakov P.V., Mukhammadiyeva G.F. Risk of dust bronchopulmonary pathology development in workers employed in various economic branches under impacts exerted by occupational risk factors: clinical and hygienic aspects. Health risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 83–91. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.10.eng

Получена: 24.05.2017

Принята: 16.08.2017

Опубликована: 30.09.2017

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ЗАБОЛЕВАНИЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ У РАБОТНИЦ, ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА

М.А. Фесенко¹, О.В. Сивочалова¹, Е.В. Федорова²

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

²Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Приводятся данные многолетнего исследования, посвященного изучению степени профессиональной обусловленности патологии репродуктивной системы у работников профессий высокого риска. Их особенностью является сочетанное действие профессиональных факторов различной природы (например, воздействие химических веществ в сочетании с физическими, биологическими факторами, тяжестью и напряженностью труда) на женский организм.

Цель работы – изучение степени профессиональной обусловленности патологии репродуктивной системы у работников профессий высокого риска, рассчитанной с помощью метода статистической оценки связи нарушений здоровья с работой.

К данной группе был отнесен ряд профессий с вредными или опасными условиями труда машиностроительной, металлургической, химической, полимерперерабатывающей промышленности, а также здравоохранения. Как правило, класс условий труда работниц изучаемых групп варьировался от 3.1 до 3.3, в качестве группы сравнения подбирались профессии с допустимыми условиями труда.

В результате проведенного исследования было установлено, что профессиями высокого риска по развитию нарушений репродуктивного здоровья работников, патологии развития детей первого года жизни являются:

- модельщицы и контролеры в машиностроении и машинист крана металлургического производства;
- лаборанты химического анализа, инженеры-химики химической промышленности (включая нефтехимическое, полимерперерабатывающее производства, органический синтез);
- врачи-хирурги, акушеры-гинекологи, акушерки, медицинские сестры хирургического профиля, работающие в стационарах.

Оценка связи и степени профессиональной обусловленности заболеваний репродуктивной системы с условиями труда показала, что женщины, работающие во вредных условиях (класс 3.1–3.3), имели осложнения беременности, патологию родов, которые характеризовались высокой и средней степенью связи с условиями труда. Нарушения здоровья новорожденных оценивались по категории очень высоких степеней связи с работой матери. Таким образом, можно считать принципиально доказанным факт индуцирования материнского профессионального риска для здоровья ребенка. На основании полученных результатов к профессиям высокого риска по развитию нарушений репродуктивного здоровья относятся женщины-работницы, которые трудятся в условиях 3-го класса 2-й степени вредности.

Разработан алгоритм действий по управлению рисками, который необходимо применять для снижения уровня профессионального риска для репродукции у работниц.

Ключевые слова: женщины-работницы, класс условий труда, репродуктивное здоровье, здоровье новорожденных, профессиональный риск, метод статистической оценки связи.

Проблема оценки ущерба здоровью работников от воздействия неблагоприятных производственных факторов несколько десятилетий интересует специалистов, однако впервые понятия «профессиональный риск» и «управление профессиональными рисками» появилось в Трудовом кодексе Российской Федерации лишь

в 2011 г. (ФЗ № 238 от 18.07.2011 г. «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации»).

Профессиональный риск – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником

© Фесенко М.А., Сивочалова О.В., Федорова Е.В., 2017

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

Сивочалова Ольга Витальевна – доктор медицинских наук, профессор (e-mail: rep1ab@mail.ru; тел.: 8 (495) 365-29-81).

Федорова Елена Викторовна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры инженерной экологии и охраны труда (e-mail: fev2012@list.ru; тел.: 8-910-418-43-71).

обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, порядок оценки которого устанавливается федеральным органом исполнительной власти.

Управление профессиональными рисками – комплекс взаимосвязанных мероприятий, являющихся элементами системы управления охраной труда и включающих в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней профессиональных рисков (ФЗ № 421 от 28.12.2013 г.).

Фактически в настоящее время каждый работодатель должен оценить профессиональный риск для сотрудников и предложить эффективные меры по его снижению. Однако с этой задачей могут справиться лишь квалифицированные специалисты по медицине труда, да и то зачастую учитываются не все аспекты профессионального риска.

Одним из таких аспектов является оценка риска для репродуктивной системы, актуальность которого обусловлена тем, что в Российской Федерации женщины составляют около 49 % работающих [11].

Материнство – важнейшее предназначение женщины. К сожалению, высокие профессиональные риски могут помешать реализации ее репродуктивной функции.

В связи со сказанным одной из приоритетных является проблема сохранения и укрепления репродуктивного здоровья работающего населения с целью создания условий для экономического развития страны. Актуальность проблемы подтверждается международными и российскими документами. В частности, ВОЗ в 2004 г. принял Глобальную стратегию по репродуктивному здоровью и Резолюцию о семье и здоровье, а в 2007 г. – Глобальный план действий по охране здоровья работающих на 2008–2017 гг. По этим вопросам МОТ принял ряд конвенций: конвенцию 156 о трудящихся с семейными обязанностями (1981), конвенцию 183 об охране материнства (2000), конвенцию 187 об основах, содействующих безопасности и гигиене труда (2006) и др.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.03.2017 г. была принята Национальная стратегия действий в интересах женщин на 2017–2022 гг., в которой указывается на важность развития системы охраны репродуктивного здоровья, особенно для работающих женщин, так как на работах с вредными и/или опасными условиями труда заняты более миллиона женщин (по данным на 2015 г. – 1145,1 тыс.).

Доказано, что значительное количество заболеваний репродуктивной системы являются профессионально обусловленными, приводя к проблемам с зачатием, вынашиванием плода и даже к бесплодию [6, 7, 10, 14]. Особую тревогу вызывают профессии высокого риска, в которых женщины подвергаются сочетанному действию профессиональных факторов различной природы (например, воздействие химических веществ в сочетании с физическими, биологическими факторами, тяжестью и напряженностью труда) [12, 15]. Неблагоприятный эффект может наблюдаться при концентрациях химических веществ на уровне допустимых значений или даже ниже, так как при одностороннем действии различных факторов могут реализовываться либо аддитивный, либо синергический эффекты.

Цель работы – изучение степени профессиональной обусловленности патологии репродуктивной системы у работников профессий высокого риска, рассчитанной с помощью метода статистической оценки связи нарушений здоровья с работой (СОС), разработанного профессором Э.И. Денисовым [1] на основе данных литературы и собственных многолетних исследований.

К данной группе был отнесен ряд профессий с вредными или опасными условиями труда машиностроительной, металлургической, химической, полимерперерабатывающей промышленности, а также здравоохранения.

Материалы и методы. Установлено, что в наиболее неблагоприятных условиях трудятся работники металлургических производств и здравоохранения (класс условий труда 3.2–3.3 по Р. 2.2.2006-05 [9]), труд работниц нефтехимического, полимерперерабатывающего и машиностроительного производства оценивается как 3.1.

В машиностроении были проанализированы нарушения репродукции у гальваников, модельщиц и контролеров [2], установлена средняя и высокая связь патологии репродукции с профессиональной деятельностью (табл. 1).

Результаты и их обсуждение. Повышенный профессиональный риск развития воспалительных процессов внутренних половых органов выявлен у модельщиц ($OR = 4,67$ (95 % CI 1,31–16,59)) и контролеров ($OR = 3,45$ (95 % CI 1,13–10,55)). Умеренно высокий уровень риска самопроизвольных выкидышей отмечался в группе контролеров ($OR = 3,24$ (95 % CI 1,06–9,90)).

В металлургическом производстве наиболее неблагоприятной для женщин является профессия машиниста крана (класс условий

Таблица 1

Профессиональный риск (*OR* – отношение шансов) репродуктивных нарушений у работниц машиностроительного производства

Заболевания репродуктивной системы	Основные профессии					
	гальваники		модельщицы		контролеры	
	<i>OR</i>	95 % <i>CI</i>	<i>OR</i>	95 % <i>CI</i>	<i>OR</i>	95 % <i>CI</i>
Воспалительные болезни женских тазовых органов	0,77	0,18–3,41	4,67*	1,31–16,59	3,45*	1,13–10,55
Опухания половых органов	0,61	0,17–2,26	1,43	0,44–4,70	1,34	0,51–3,59
Самопроизвольные аборт	1,78	0,48–6,66	1,11	0,27–4,62	3,24*	1,06–9,90
Гестозы второй половины беременности	2,08	0,49–8,93	3,26	0,79–13,55	1,46	0,40–5,30
Угроза прерывания беременности	1,27	0,39–4,13	1,03	0,30–3,52	1,62	0,61–4,28

Примечание: * – изменения статистически значимы, $p < 0,05$.

труда 3.3), характеризующаяся сочетанным влиянием тяжести труда, напряженностью трудового процесса, локальной вибрацией, нагревающим микроклиматом. При изучении профессиональной обусловленности репродуктивной патологии в качестве группы сравнения были взяты офисные работницы (класс 2).

Анализ степени профессиональной обусловленности выявленной гинекологической патологии у женщин-машинистов кранов показал, что в развитии бесплодия этиологическая доля производственного фактора составляет более 50 %, и степень обусловленности относится к высокому уровню, что дает право признать «женское бесплодие» производственно обусловленной патологией (табл. 2).

При изучении состояния здоровья беременных работниц, осложнений беременности и родов, а также здоровья новорожденных ока-

залось, что проблемы с беременностью также в значительной степени связаны с неблагоприятными условиями труда, причем наиболее высокая профессиональная обусловленность наблюдалась для угрозы прерывания беременности, гестозов первой половины беременности, внутриутробной гипоксии и задержки развития плода.

Аналогичные данные выявлены при анализе состояния здоровья и репродуктивной функции работниц химического производства, к которому мы отнесли нефтеперерабатывающую отрасль, производство и переработку полимеров, органический синтез [4, 5, 9]. К профессиям высокого риска химического производства были отнесены лаборанты химического анализа, инженеры-химики, для которых характерно сочетание химического фактора с тяжестью труда и нагревающим микроклиматом (табл. 3).

Таблица 2

Профессиональный риск нарушений репродуктивного здоровья у работниц-машинистов крана

Заболевание репродуктивной системы	Частота, $M \pm m$, %	<i>OR</i>	<i>CI</i> 95 %	<i>EF</i> , %
Воспалительные болезни женских тазовых органов	53, \pm 2,5	1,44	0,77–2,70	23,08
Нарушения менструального цикла	24,3 \pm 3,39	2,16	1,04–4,46	46,67
Миома матки	26,5 \pm 3,48	2,02	1,0–4,04	42,86
Заболевания молочной железы	7,5 \pm 2,08	1,95	0,4–8,6	46,67
Бесплодие	17,5 \pm 3,0	2,44	1,0–4,76	54,29
Угроза прерывания первой половины беременности	84,7 \pm 3,95	15,53*	8,0–30,14	68,89
Угроза прерывания второй половины беременности	66,6 \pm 3,89	20,75	9,9–43,18	86,81
Гестоз первой половины беременности (токсикоз)	39,04 \pm 3,39	3,84*	1,8–7,8	63,41
Гестозы второй половины беременности	26,6 \pm 2,92	1,84	0,8–3,9	38,19
Железодефицитная анемия беременных	53,3 \pm 3,72	2,57	1,39–7,7	42,31
Хроническая внутриутробная гипоксия плода	37,1 \pm 3,33	7,09*	3,12–16,09	79,29
Внутриутробная задержка развития плода	20,0 \pm 2,61	7,33*	2,2–23,6	83,52

Примечание: * – изменения статистически значимы, $p < 0,05$.

Таблица 3

Профессиональный риск нарушений репродуктивного здоровья работниц нефтехимического производства

Заболевание репродуктивной системы	Частота, $M \pm m$, %	OR	CI 95 %	EF, %
Воспалительные заболевания	53,9 ± 2,5	2,1*	1,14–3,79	33,3
Доброкачественные новообразования матки и придатков	29,1 ± 2,3	2,00	1,29–3,12	41,1
Фиброзно-кистозная мастопатия	24,8 ± 2,2	2,23*	1,01–4,9	48,0
Нарушения менструальной функции	9,5 ± 1,5	2,06	0,95–4,47	49,1
Бесплодие	6,3 ± 1,2	3,10	0,4–24,6	66,7
Самопроизвольные аборты	8,9 ± 1,4	2,22	1,00–5,10	52,3

Примечание: * – изменения статистически значимы, $p < 0,05$.

По данным исследований А.А. Потапенко и М.Р. Alex [5, 13], одной из самых проблемных отраслей для женского здоровья является здравоохранение. Так, класс условий труда хирургов, стоматологов, акушеров-гинекологов, фтизиатров, медсестер, сотрудников клинично-диагностических и бактериологических лабораторий оценивался как 3.3; рентгенологов, физиотерапевтов, специалистов функциональной диагностики – как 3.2. Обращает на себя внимание сочетанное действие химического и биологического факторов с тяжестью и напряженностью труда в этих профессиях.

У работников здравоохранения были установлены высокие уровни гинекологической заболеваемости, особенно в части нарушений менструального цикла, воспалительных заболеваний, опущения половых органов (табл. 4).

Была установлена профессиональная обусловленность репродуктивных нарушений практически для всех исследуемых профессий, особенно для акушеров-гинекологов и хирургических медсестер.

Анализ патологии беременности и родов у медицинских работников показал, что все осложнения родов у них встречались достоверно

чаще ($p < 0,001$), чем в контрольной группе ($94,5 \pm 0,79$ против $59,31 \pm 4,08$).

Выводы. В результате проведенного исследования было установлено, что профессиями высокого риска по развитию нарушений репродуктивного здоровья работников, патологии развития детей первого года жизни являются:

- модельщицы и контролеры в машиностроении и машинист крана металлургического производства;

- лаборанты химического анализа, инженеры-химики химической промышленности (включая нефтехимическое, полимерперерабатывающее производства, органический синтез);

- врачи-хирурги, акушеры-гинекологи, акушерки, медицинские сестры хирургического профиля, работающие в стационарах.

Оценка связи и степени профессиональной обусловленности заболеваний репродуктивной системы с условиями труда показала, что женщины, работающие во вредных условиях (класс 3.1–3.3), имели осложнения беременности, патологию родов, которые характеризовались высокой и средней степенью связи с условиями труда. Нарушения здоровья новорожденных

Таблица 4

Профессиональный риск репродуктивных нарушений у медицинских работников

Заболевание репродуктивной системы (МКБ-10)	Акушеры-гинекологи				Медсестры хирургического профиля			
	$M \pm m$, %	OR	CI 95 %	EF, %	$M \pm m$, %	OR	CI 95 %	EF, %
Нарушения менструального цикла	22,4 ± 3,5	2,28	1,21–4,30	63	32,5 ± 3,7	2,58	1,47–4,53	61
Воспалительные болезни женских тазовых органов	28,8 ± 4,1	2,23	1,13–3,65	55	32,5 ± 3,7	2,10	1,34–3,29	53
Опухания половых органов	12,0 ± 2,9	2,65	1,11–6,31	63	32,5 ± 3,7	2,22	1,0–4,93	54
Угроза прерывания беременности	34,5 ± 4,5	2,82	1,90–4,19	46,5	32,5 ± 3,7	2,35	1,66–3,33	57,6
Гестозы второй половины беременности	20,0 ± 3,8	2,07	1,25–3,43	25,0	32,5 ± 3,7	1,87	1,24–2,84	46,8

Примечание: *МКБ-10 – международная классификация болезней 10-го пересмотра.

оценивались по категории очень высоких степеней связи с работой матери. Таким образом, можно считать принципиально доказанным факт индуцирования материнского профессионального риска для здоровья ребенка. На основании полученных результатов к профессиям высокого риска по развитию нарушений репродуктивного здоровья относятся женщины-работницы, которые трудятся в условиях 3-го класса 2-й степени вредности. Сводные данные о профессиональной обусловленности нарушений репродукции и степень связи этих нарушений с работой у представителей изучаемых отраслей представлены в табл. 5.

Для снижения профессионального риска для репродукции у работниц был разработан алгоритм действий по управлению рисками (рисунок). На первом этапе проводится первоначальная оценка риска для всех женщин-работниц де-

тородного возраста, а также повторная оценка риска в случае уведомления работодателя о любых изменениях – беременности, недавних родах или кормлении грудью. Необходимым является полное информирование работниц о потенциальном риске как для здоровья самой работницы, так и для здоровья новорожденного.

Второй этап управления риском посвящен вопросам устранения факторов риска на рабочем месте. Очевидно, предпочтительной является ситуация, когда возможно устранение факторов риска и создание допустимых условий труда.

Если же после минимизации риска он сохраняется, необходимо предпринимать дальнейшие действия по корректировке рабочего места (например, с использованием новых инженерно-конструкторских решений, усовершенствованием оборудования и технологического процесса), улучшению условий труда.

Таблица 5

Степень профессиональной обусловленности нарушений репродуктивного здоровья в ряде профессий в некоторых отраслях экономики

Показатель репродуктивного здоровья	Здравоохранение	Металлургическая промышленность	Химическое производство	Нефтехимическая промышленность	Машиностроение
Нарушения менструального цикла	Высокая		Очень высокая	Высокая	
Доброкачественные новообразования	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя	
Бесплодие		Высокая	Высокая	Высокая	
Опущение матки и стенок влагалища	Очень высокая			Средняя	Средняя
Воспалительные болезни тазовых органов				Высокая	Очень высокая
Анемия беременных	Средняя	Средняя			
Угроза прерывания первой половины беременности	Высокая	Очень высокая	Средняя	Высокая	Средняя
Угроза прерывания второй половины беременности	Высокая	Почти полная	Средняя	Высокая	Средняя
Гестозы первой половины беременности		Высокая			
Гестозы второй половины беременности	Средняя	Средняя	Средняя	Очень высокая	Очень высокая
Внутриутробная гипоксия плода		Очень высокая	Очень высокая		
Врожденные пороки развития плода			Высокая		
Внутриутробная задержка развития плода		Почти полная			
Мертворождения			Средняя		
Перинатальное поражение ЦНС			Высокая		
Преждевременные роды			Высокая		
Выкидыши				Высокая	Средняя

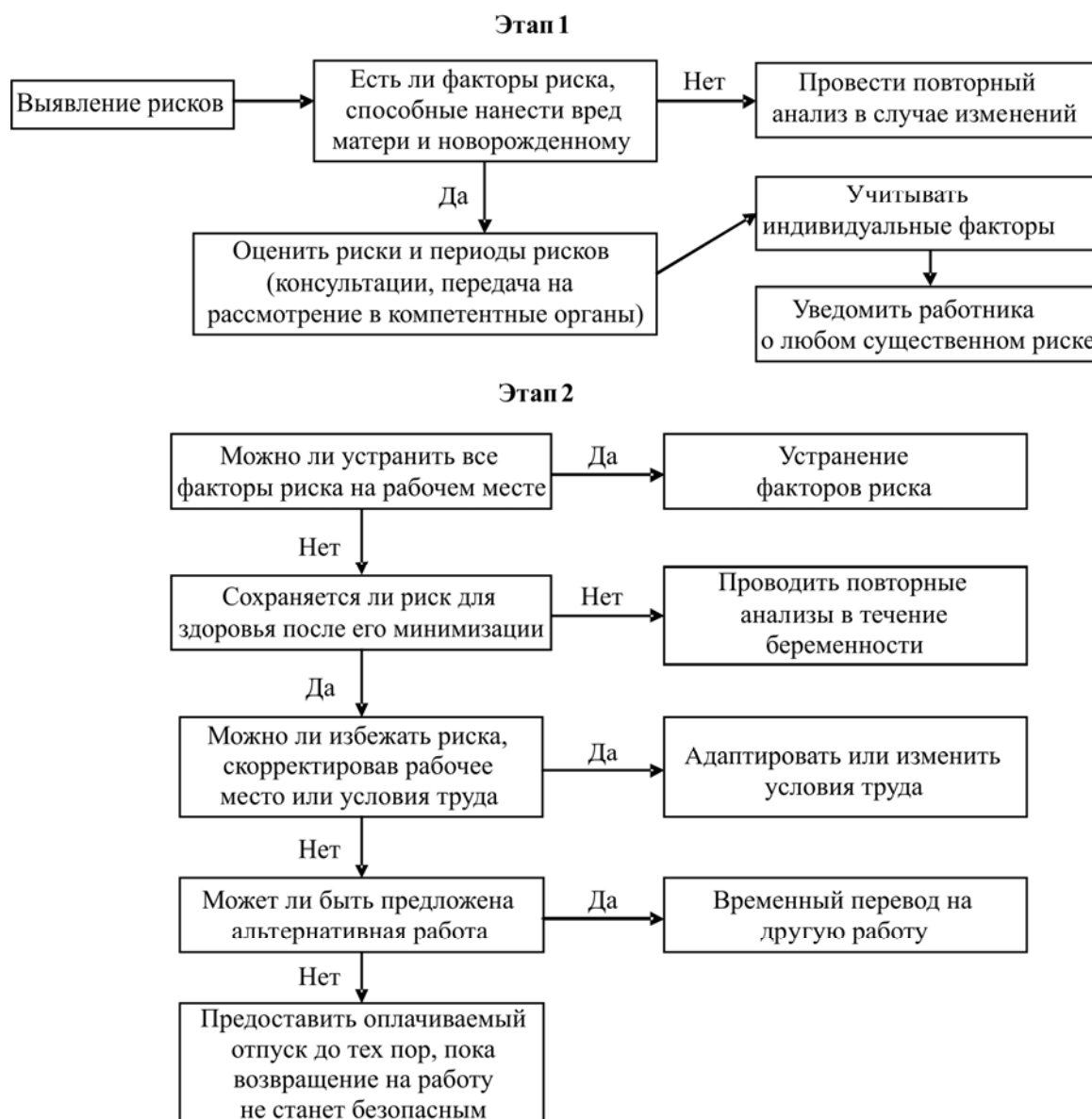


Рис. Алгоритм управления профессиональным риском для репродуктивной системы

В случае сохранения хотя бы минимального риска для репродуктивного здоровья работниц необходимо предложить временный перевод на альтернативную работу, а при отсутствии таковой – предоставить оплачиваемый

отпуск до тех пор, пока возвращение на работу не станет безопасным.

Разработанный алгоритм может быть использован в любых сферах деятельности, где заняты женщины.

Список литературы

1. Денисов Э.И., Степанян И.В., Челищева М.Ю. Профессиональный риск: директорий-справочник (свид. о гос. регистрации № 2011610345 от 11.01.2011 г.) [Электронный ресурс]. – URL: http://med-trud.com/#collapse_One (дата обращения: 18.03.2016).
2. Макарова-Землянская Е.Н., Потапенко А.А. Репродуктивное здоровье работниц гальванического цеха // Гигиеническая наука и санитарная практика в творчестве молодых: тезисы докладов научно-практической конференции. – Мытищи, 2005. – С. 87–90.
3. Морозова Т.В., Фесенко М.А. Профессиональный риск и репродуктивная патология работников полимерперерабатывающей промышленности // Жизнь без опасностей. Здоровье. Профилактика. Долголетие. – 2012. – Т. 7, № 3. – С. 76–81.

4. Оценка уровня гинекологической заболеваемости, этиологически обусловленная воздействием на работниц токсических веществ / О.В. Сивочалова, М.К. Гайнуллина, А.Х. Якупова, Л.К. Каримова, А.Р. Ирмякова // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 2. – С. 33–38.
5. Потапенко А.А. Репродуктивное здоровье медицинских работников – женщин // Здоровоохранение. – 2013. – № 2. – С. 80–85.
6. Проблема сохранения репродуктивного здоровья работников при воздействии вредных факторов производственной и окружающей среды / Н.Ф. Измеров, О.В. Сивочалова, М.А. Фесенко, Э.И. Денисов, Г.В. Голованева // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2012. – № 12. – С. 47–53.
7. Профессиональные поражения репродуктивной системы / С.А. Бабанов, И.А. Агаркова, И.С. Липатов, Ю.В. Тезиков // РМЖ. – 2013. – № 17. – С. 917–920.
8. Профессиональный риск репродуктивных нарушений, проблемы и принципы прогнозирования их у работников при воздействии химических факторов / О.В. Сивочалова, М.А. Фесенко, М.К. Гайнуллина, Э.И. Денисов, Г.В. Голованева // Современные проблемы гигиены и медицины труда: научно-практическая конференция. – Уфа, 2015. – С. 422–428.
9. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 142 с.
10. Репродуктивное здоровье работников с позиций техногенеза / М.К. Иванова, И.Д. Ситдикова, И.К. Вазиев, А.Р. Ситдилов // Современное искусство медицины. – 2011. – № 1. – С. 81–84.
11. Сохранение и укрепление репродуктивного здоровья работников профессий высокого риска: проблемы и перспективы / О.В. Сивочалова, М.А. Фесенко, Г.В. Голованева, Э.И. Денисов // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2013. – № 5–6. – С. 73–77.
12. Alex M.R. Occupational hazards for pregnant nurses // American Journal of Nursing. – 2011. – Vol. 111, № 1. – P. 28–37. DOI: 10.1097/01.NAJ.0000393056.01687.40
13. Deprivation, occupational hazards and perinatal outcomes in pregnant workers / J.B. Henrotin, M. Vaissière, M. Etaix, M. Dziurla, A. Radauceanu, S. Malard, D. Lafon // Occup Med (Lond). – 2017. – Vol. 67, № 1. – P. 44–51. DOI: 10.1093/occmed/kqw148.
14. Exposure to occupational hazards for pregnancy and sick leave in pregnant workers: a cross-sectional study / J.B. Henrotin, M. Vaissière, M. Etaix, M. Dziurla, S. Malard, D. Lafon // Ann. Occup. Environ. Med. – 2017. – Vol. 29. – P. 12. DOI: 10.1186/s40557-017-0170-3
15. Salihu H.M., Myers J., August E.M. Pregnancy in the workplace // Occup Med (Lond). – 2012. – Vol. 62, № 2. – P. 88–97. DOI: 10.1093/occmed/kqr198

Фесенко М.А., Сивочалова О.В., Федорова Е.В. Профессиональная обусловленность заболеваний репродуктивной системы у работниц, занятых во вредных условиях труда // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 92–100. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.11

UDC 614.2+618

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.11.eng

OCCUPATIONAL REPRODUCTIVE SYSTEM DISEASES IN FEMALE WORKERS EMPLOYED AT WORKPLACES WITH HARMFUL WORKING CONDITIONS

M.A. Fesenko¹, O.V. Sivochalova¹, E.V. Fedorova²

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31 Budennogo Av., Moscow, 105275, Russian Federation

²National Research University "MEI", 14 Krasnokazarmennaya Str., Moscow, 111250, Russian Federation

The paper outlines the data obtained in the course of long-term research dedicated to studying the extent to which reproductive system pathologies in workers with high-risk occupations are occupationally induced. Their peculiarity is joint impacts of various occupational factors (for example, impacts exerted by chemicals together with physical and biological factors, and labor hardness and intensity as well) on a female body.

Our research goal was to examine the extent to which reproductive system pathologies in workers with high-risk occupations were occupationally induced. To achieve it, we applied statistical estimate of correlation between health disorders and work.

Our occupational group included a number of occupations with harmful or hazardous working conditions in civil engineering, metallurgy, chemical industry, polymer-processing industry, and health care as well. As a rule, working condi-

tions class of workers from the examined groups varied from 3.1 to 3.3; and occupation with permissible working conditions were used as a comparative group.

The research results revealed that there are certain occupations with high risk of reproductive health disorders evolution and infants development pathologies evolution. They are:

- model makers and checkers in civil engineering and crane operators at a metallurgic plant;
- analysts at chemical analysis laboratories, chemical engineers in chemical industry (including petrochemical plants, polymer-processing plants, and organic synthesis plants);
- surgeons, obstetrician-gynecologists, midwives, surgical nurses working in in-patient departments.

Estimate of correlation and occupational dependence of reproductive system diseases on working conditions revealed that women with harmful working conditions (3.1–3.3 hazard class) had defective pregnancies or labor pathologies which had strong and average correlation with working conditions. Health disorders in newborns were estimated as per very strong correlation with mother's work. Thus, we can state that a mother occupational risk induction for a child health is fundamentally proved. On the basis of the obtained results we rank female workers with 3 class 2 harm degree working conditions as having an occupation with high risks of reproductive health disorders.

We worked out an algorithm aimed at managing these risks; it should be applied in order to lower occupational risks for reproduction in female workers.

Key words: female workers, working conditions class, reproductive health, newborns' health, occupational risk, statistic estimate of correlation.

References

1. Denisov E.I., Stepanyan I.V., Chelishcheva M.Yu. Professional'nyi risk: direktorii-spravochnik (svid. o gos. registratsii № 2011610345 ot 11.01.2011) [Occupational risk: directory (State registration certificate No. 2011610345 issued on January 11, 2011)]. Available at: http://medtrud.com/#collapse_One (18.03.2016) (in Russian).
2. Ivanova M.K., Sitdikova I.D., Vaziev I.K., Sitdikov A.R. Reproduktivnoe zdorov'e rabotnikov s pozitsii tekhnogeneza [Reproductive health of workers from a position of technogenesis]. *Sovremennoe iskusstvo meditsiny*, 2011, no. 1, pp. 81–84 (in Russian).
3. Makarova-Zemlyanskaya E.N., Potapenko A.A. Reproduktivnoe zdorov'e rabotnits gal'vanicheskogo tsekha [Reproductive health of female workers employed at a electroplating shop]. *Gigienicheskaya nauka i sanitarnaya praktika v tvorchestve molodykh: Nauchno-prakticheskaya konferentsiya [Hygienic science and sanitary practices in youth creative work: brief outlines of reports made at a theory and practice conference]*. Mytishchi, 2005, pp. 87–90 (in Russian).
4. Morozova T.V., Fesenko M.A. Professional'nyi risk i reproduktivnaya patologiya rabotnikov polimerpererabatyvayushchei promyshlennosti [Occupational risk and reproductive pathology in workers employed at polymer-processing plants]. *Zhizn' bez opasnosti. Zdorov'e. Profilaktika. Dolgoletie*, 2012, vol. 7, no. 3, pp. 76–81 (in Russian).
5. Sivochalova O.V., Gainullina M.K., Yakupova A.Kh., Karimova L.K., Irmayakova A.R. Otsenka urovnya ginekologicheskoi zaboлеваemosti, etiologicheskii obuslovlennaya vozdeistviem na rabotnits toksicheskikh veshchestv [Evaluation of the level of gynecological morbidity, etiological caused by the impact on workers of toxic substances]. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2015, no. 2, pp. 33–38 (in Russian).
6. Potapenko A.A. Reproduktivnoe zdorov'e meditsinskikh rabotnikov – zhenshchin [Reproductive health of medical workers-women]. *Zdravookhranenie*, 2013, no. 2, pp. 80–85 (in Russian).
7. Izmerov N.F., Sivochalova O.V., Fesenko M.A., Denisov E.I., Golovaneva G.V. Problema sokhraneniya reproduktivnogo zdorov'ya rabotnikov pri vozdeistvii vrednykh faktorov proizvodstvennoi i okruzhayushchei sredy [The issues of workers reproductive health protection from harmful occupational end environmental exposures]. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2012, no. 12, pp. 47–53 (in Russian).
8. Babanov S.A., Agarkova I.A., Lipatov I.S., Tezиков Yu.V. Professional'nye porazheniya reproduktivnoi sistemy [Occupational damage to reproductive system]. *RMZh*, 2013, no. 17, pp. 917–920 (in Russian).
9. Sivochalova O.V., Fesenko M.A., Gainullina M.K., Denisov E.I., Golovaneva G.V. Professional'nyi risk reproduktivnykh narushenii, problemy i printsipy prognozirovaniya ikh u rabotnikov pri vozdeistvii khimicheskikh faktorov [Occupational risk for reproductive disturbances, problems and principles of their prediction in workers exposed to chemical factors]. *Sovremennye problemy gigieny i meditsiny truda: Nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Ufa, 2015, pp. 422–428 (in Russian).

© Fesenko M.A., Sivochalova O.V., Fedorova E.V., 2017

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

Olga V. Sivochalova – Doctor of Medical Sciences, Professor (e-mail: replab@mail.ru; tel.: +7 (495) 365-29-81).

Elena V. Fedorova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at Engineering Ecology and Labor Protection Department (e-mail: fev2012@list.ru, tel.: +7-910-418-43-71).

10. Rukovodstvo po gigenicheskoj otsenke faktorov rabochej sredy i trudovogo protsessa. Kriterii i klassifikatsiya uslovij truda [Guidelines on hygienic assessment of working environment and working process factors. Working conditions criteria and classification. P. 2.2.2006-05]. Moscow, Federal'nyi tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2005, 142 p. (in Russian).

11. Sivochalova O.V., Fesenko M.A., Golovaneva G.V., Denisov E.I. Sokhranenie i ukreplenie reproduktivnogo zdorov'ya rabotnikov professii vysokogo riska: problemy i perspektivy [Protection and Improvement of Reproductive Health of Workers with High Risk Professions]. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2013, no. 5–6, pp. 73–77 (in Russian).

12. Alex M.R. Occupational hazards for pregnant nurses. *American Journal of Nursing*. 2011, vol. 111, no. 1, pp. 28–37. DOI: 10.1097/01.NAJ.0000393056.01687.40

13. Henrotin J.B., Vaissière M., Etaix M., Dziurla M., Radauceanu A., Malard S., Lafon D. Deprivation, occupational hazards and perinatal outcomes in pregnant workers. *Occup Med (Lond)*, 2017, vol. 67, no. 1, pp. 44–51. DOI: 10.1093/occmed/kqw148.

14. Henrotin J.B., Vaissière M., Etaix M., Dziurla M., Malard S., Lafon D. Exposure to occupational hazards for pregnancy and sick leave in pregnant workers: a cross-sectional study. *Ann Occup Environ Med*, 2017, vol. 29, pp. 12. DOI: 10.1186/s40557-017-0170-3.

15. Salihu H.M., Myers J., August E.M. Pregnancy in the workplace. *Occup Med (Lond)*, 2012, vol. 62, no. 2, pp. 88–97. DOI: 10.1093/occmed/kqr198.

Fesenko M.A., Sivochalova O.V., Fedorova E.V. Occupational reproductive system diseases in female workers employed at workplaces with harmful working conditions. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 92–100. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.11.eng

Получена: 02.06.2017

Принята: 30.07.2017

Опубликована: 30.09.2017

УДК 613.6.02

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.12

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ ОВОЩЕВОДОВ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

А.Г. Мигачева¹, Т.А. Новикова¹, В.Ф. Спирин¹, Д.М. Шляпников²

¹Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены, Россия, 410022, г. Саратов, ул. Заречная, 1А

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

Проведены комплексные гигиенические исследования условий труда овощеводов защищенного грунта на одном из тепличных комбинатов Саратовской области. Целью исследований являлась априорная оценка профессионального риска здоровью овощеводов защищенного грунта на основе классификации условий труда по степени отклонения параметров производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов. Изучены параметры микроклимата в теплый и холодный периоды года, загрязненность воздуха рабочей зоны вредными химическими веществами и аэрозолями, проведены профессиографические и хронометражные исследования трудовой деятельности при выполнении основных видов работ в течение годового цикла работ по выращиванию овощей в условиях защищенного грунта. Установлено, что овощеводы в процессе трудовой деятельности подвержены воздействию комплекса вредных факторов, ведущими из которых явились: нагревающий микроклимат, присутствие в воздухе рабочей зоны вредных химических веществ и пыли в повышенных концентрациях, тяжесть трудового процесса, характеризующегося чрезмерной физической нагрузкой, длительным поддержанием неудобных рабочих поз, частыми наклонами корпуса и продолжительной работой «на ногах». Общая гигиеническая оценка условий труда овощеводов защищенного грунта с учетом воздействия комплекса вредных факторов рабочей среды и трудового процесса в течение годового трудового цикла соответствует вредным условиям труда 3-й степени (класс 3.3). Вредные условия труда формируют профессиональный риск здоровью овощеводов, соответствующий (по соотношению с методикой, изложенной в руководстве Р 2.2.1766-03) высокому (непереносимому) риску, когда требуются неотложные меры по его снижению. Результаты исследований свидетельствуют об актуальности дальнейших исследований состояния здоровья овощеводов защищенного грунта по данным периодических медицинских осмотров, углубленного изучения заболеваемости с временной утратой трудоспособности и других социально значимых показателей здоровья.

Ключевые слова: овощеводы защищенного грунта, условия труда, вредные производственные факторы, профессиональный риск здоровью, априорная оценка.

Внедрение новых технологий выращивания тепличных культур, характеризующихся заменой почвенных смесей гидропонным субстратом (кокосовое волокно, минеральная вата и др.), автоматизацией и механизацией технологических процессов, внесением удобрений в виде раствора к каждому растению через систему капельного полива, к сожалению, не привели к ликвидации всех вредных для здоровья работающих факторов условий труда. Профессиональная деятельность работников защищенного грунта, как и прежде, связана с выполнением работ в неблагоприятных микроклимати-

ческих условиях, обусловленных спецификой применяемых технологических процессов и повышенной герметичностью культивационных сооружений, контактом с пестицидами, агрохимикатами и продуктами их деструкции, средствами биологической защиты и дезинфицирующими средствами, с высокой интенсивностью и тяжестью трудового процесса [2, 4, 7, 8, 11]. Анализ научной литературы свидетельствует о неблагоприятном воздействии вредных условий труда на здоровье тепличниц [1, 3, 5]. Неблагоприятные условия труда являются факторами риска развития общих и профессио-

© Мигачева А.Г., Новикова Т.А., Спирин В.Ф., Шляпников Д.М., 2017

Мигачева Анна Геннадьевна – младший научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: migachevaag@yandex.ru; тел. 8 (8452) 92-34-94).

Новикова Тамара Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент, руководитель отдела медицины труда (e-mail: novikovata-saratov@yandex.ru; тел. 8 (8452) 34-71-84).

Спирин Владимир Федорович – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по науке, развитию и инновационным технологиям (e-mail: niusgsar@mail.ru; тел. 8 (8452) 92-30-48).

Шляпников Дмитрий Михайлович – кандидат медицинских наук, заведующий отделом анализа рисков для здоровья (e-mail: Shlyapnikov@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 238-33-37).

нальных заболеваний у работников тепличного производства, которые приводят к временной, а в ряде случаев и к стойкой потере трудоспособности [12, 13, 14, 15].

В связи с вышеизложенным изучение и гигиеническая оценка условий труда при выращивании тепличных культур и разработка мер по профилактике профессионального риска здоровью овощеводов защищенного грунта является актуальной задачей.

Цель работы – априорная оценка профессионального риска здоровью овощеводов защищенного грунта на основе классификации условий труда по степени отклонения параметров производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе одного из крупных тепличных хозяйств Саратовской области, специализирующихся на круглогодичном выращивании огурцов и томатов на гидропонном субстрате. Проведены комплексные гигиенические исследования условий труда основной профессиональной группы работников теплиц – овощеводов. Исследования включали в себя изучение параметров микроклимата, загрязненности воздуха рабочей зоны вредными химическими веществами и аэрозолями, профессиографические и хронометражные исследования трудовой деятельности при выполнении основных видов работ в течение трудового годового цикла с использованием общепринятых в гигиене и медицине труда методов.

Гигиеническая оценка факторов рабочей среды и трудового процесса оценивалась по степени отклонения фактических уровней факторов от действующих гигиенических нормативов в соответствии с Р 2.2.2006-05 [10]. Оценка профессионального риска осуществлялась в соответствии с методикой, изложенной в Р 2.2.1766-03 [9].

Статистическая обработка полученных материалов проведена с использованием программы Microsoft Office-2007 (MS Excel-07, MS Word-07), программы Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение. Тепличное хозяйство, выбранное нами в качестве объекта исследований, является сложным инженерным сооружением, оснащенным необходимым оборудованием для производства продукции в соответствии с принятой в нем технологией. Выращивание овощей производится в многоскатных (блочных) теплицах со стеклянным покрытием,

которые объединены в 4 блока, включающие в себя по 4 теплицы (общая площадь теплиц – 24 га, каждая теплица – по 1,5 га), бытовые и вспомогательные помещения.

В теплицах функционируют стационарные технологические системы водяного отопления, вентиляции, затенения кровли, подкормки углекислым газом, дополнительного освещения, автоматического регулирования и управления оборудованием для поддержания заданного температурно-влажностного режима (температуры воздуха при выращивании огурцов в пределах 19–28 °С, влажности воздуха – 70–90 %, при выращивании томатов – 18–26 °С и 60–70 % соответственно).

Освещение в теплицах естественное за счет стеклянного покрытия и дополнительное искусственное (люминесцентные лампы). Вентиляция естественная (фрамуги). Водоснабжение централизованное, канализация центральная. Для питья используется вода централизованного водоснабжения. Отопление от собственной котельной, работающей на природном газе. Технологические процессы по поливу и внесению удобрений, транспортные работы и перемещение грузов механизированы.

В теплицах на разных стадиях выращивания овощной продукции применяются агрохимикаты в качестве корневой и внекорневой подкормки растений. Внекорневая подкормка является основным способом обеспечения растений микроэлементами и производится путем опрыскивания растений растворами агрохимикатов. Корневая подкормка осуществляется путем внесения удобрений в виде раствора к каждому растению через систему капельного полива. Готовые растворы подаются непосредственно в систему капельного полива. Контакт овощеводов с растворами агрохимикатов не происходит. Воздушная подкормка растений осуществляется углекислым газом в период всей вегетации; в течение с 7 до 19 часов заданная концентрация поддерживается автоматической системой регулирования.

Для борьбы с вредителями и болезнями растений на комбинате широко используются пестициды (инсектициды и фунгициды). Обработка пестицидами производится в вечернее время специальной группой работников по защите растений, и от 12 часов до суток теплицы оставляют закрытыми. Вход работников в теплицу чаще осуществляется в начале следующего дня, без соблюдения сроков выхода после обработки, что является нарушением требова-

ний обращения с пестицидами и свидетельствует о том, что овощеводы подвергаются воздействию остаточных количеств пестицидов. Широкое распространение в исследуемом хозяйстве получили пестициды третьего поколения, представленные в основном синтетическими пиретроидами и гормональными препаратами. Основными их особенностями являются способность к более быстрому разрушению в окружающей среде. Также в промышленных целях используются биопрепараты: антибиотики, витамины, хищные клещи, применяемые для уничтожения вредителей.

Агротехнология в хозяйстве при проведении настоящих исследований складывалась из ряда последовательных, различных по длительности рабочих этапов (видов работ), характеризующихся многооперационностью, сложностью и высокой трудоемкостью производственных процессов. Основными видами работ, выполняемых овощеводами в течение годового трудового цикла, явились: посадка семян и уход за рассадой; высадка рассады; формирование растений; сбор урожая и уход за растениями; удаление растительной массы; зачистка и обработка (дезинфекция) теплиц и их подготовка к следующему циклу работ; различные ремонтно-профилактические работы (покраска оборудования, подтягивание креплений, выравнивание опорных стоек и пр.).

В производственном цикле наибольшее время занимают работы по выращиванию рас-

сады, формированию растений, сбору урожая и уходу за растениями. В этот период в теплицах поддерживается специфический, искусственно создаваемый температурно-влажностный режим, характеризующийся относительно постоянными повышенными уровнями температуры и влажности воздуха. Работы по удалению растительной массы, зачистке и обработке теплиц выполняются два раза в год и продолжаются от 5–10 дней до одного месяца в год и проводятся при открытых дверных проемах и не работающих системах поддержания параметров микроклимата.

Результаты исследований показали, что основной особенностью условий труда овощеводов во все периоды работ явились неблагоприятные микроклиматические условия (табл. 1). Так, в теплый период года (при температуре наружного воздуха +20–24 °С) температура воздуха в помещениях превышала допустимые значения. Наибольшие превышения (на 4–8 °С) зарегистрированы в период ухода за растениями и уборке урожая. Значения индекса тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса), отражающего сочетание влияние температуры воздуха, скорости его движения и влажности на теплообмен человека с окружающей средой, в этот период работ превышали допустимые от 2,3 до 3,0 °С.

При выполнении этих же операций в холодный период года отмечалось превышение допустимых значений температуры воздуха в среднем на 7,8 °С, а индекса тепловой нагрузки

Таблица 1

Гигиеническая оценка параметров микроклимата при выполнении различных видов работ овощеводами защищенного грунта

Вид работы (количество исследований)	Категория работ по тяжести	Теплый период года								Класс условий труда	Холодный период года								Класс условий труда
		температура воздуха, °С		ТНС-индекс, °С		относительная влажность воздуха, %		скорость движения воздуха, м/с			температура воздуха, °С		ТНС-индекс, °С		относительная влажность воздуха, %		скорость движения воздуха, м/с		
		допустимое	фактическое	допустимое	фактическое	допустимое	фактическое	допустимое	фактическое		допустимое	фактическое	допустимое	фактическое	допустимое	фактическое	допустимое	фактическое	
Выращивание и высадка рассады (n = 136)	Ш	15,0–26,0	25,7 ± 1,5	18,0–21,8	22,8 ± 1,2	15–75	66 ± 4	0,3–0,5	0,43 ± 0,24	3.1	17,0–23,0	27,6 ± 0,4	20,5–25,1	25,5 ± 0,2	15–75	66 ± 4	0,1–0,3	0,17 ± 0,24	3.1
Формирование растений (n = 136)	Па	18,0–27,0	28,1 ± 1,0	20,5–25,1	25,2 ± 1,4	15–75	66 ± 4	0,2–0,4	0,2 ± 0,1	3.1	17,0–23,0	22,8 ± 0,4	20,5–25,1	–	15–75	66 ± 2	0,1–0,3	0,15 ± 0,04	2
Сбор урожая (n = 320)	Ш	15,0–26,0	29,4 ± 3,5	18,0–21,8	26,3 ± 3,4	15–75	71 ± 10	0,3–0,5	0,17 ± 0,14	3.3	13,0–21,0	25,7 ± 0,6	18,0–21,8	22,4 ± 0,7	15–75	77 ± 6	0,2–0,4	0,13 ± 0,04	3.1
Уход за растениями (n = 292)	Пб	16,0–27,0	30,4 ± 3,6	19,5–23,9	27,3 ± 3,2	15–75	71 ± 12	0,2–0,5	0,15 ± 0,06	3.3	15,0–22,0	26,0 ± 0,6	19,5–23,9	22,6 ± 0,2	15–75	74 ± 7	0,2–0,4	0,12 ± 0,03	3.1
Удаление растительной массы (n = 165)	Пб	16,0–27,0	33,6 ± 0,9	19,5–23,9	29,0 ± 1,2	15–75	54 ± 11	0,2–0,5	0,3 ± 0,09	3.3	15,0–22,0	17,2 ± 2,7	19,5–23,9	–	15–75	70 ± 10	0,2–0,4	0,16 ± 0,04	2

среды на 2,1 °С. Относительная влажность воздуха практически во все периоды работ превышала допустимые значения от 2 до 5 %. Подвижность воздуха в теплицах была ограничена и не превышала 0,1 м/с при допустимых значениях от 0,2 до 0,5 м/с.

Таким образом, в течение всего цикла выращивания овощей в условиях защищенного грунта овощеводы подвергаются воздействию нагревающего микроклимата. Гигиеническая оценка условий труда по параметрам микроклимата в период выращивания и высадки рассады, формирования растений соответствовала вредным 1-й степени (класс 3.1), в период ухода за растениями и сбора урожая и удаления растительной массы – вредным 3-й степени (класс 3.3)

Нагревающий микроклимат (повышенные температуры воздуха, высокая влажность и ограниченная его подвижность) в течение рабочей смены в сочетании с высокой физической активностью оказывают неблагоприятное воздействие на формирование теплового состояния работниц. При проведении интегральной оценки нагревающего микроклимата в соответствии МУК 4.3.2755-10 [6] было выявлено, что риск перегревания организма работниц колебался в теплый период года от умеренного до очень высокого, накопление тепла в организме составляло от 2,66 до 4,56 кДж/кг. В холодный период года риск перегревания варьировался от слабого до умеренного.

Воздушная среда в теплицах во все периоды работ была загрязнена вредными химическими веществами. В период формирования растений, ухода за растениями и сбора урожая воздух рабочей зоны постоянно загрязнен подаваемым к растениям углекислым газом. Концентрации углекислого газа не превышали установленной ПДК (650 ppm). Однако известно, что при регулярном и длительном воздействии на человека углекислый газ может негативно влиять на здоровье.

Обработка пестицидами в теплицах производилась в период ухода за растениями в вечернее время специальной группой по защите растений. Сроки безопасного выхода после обработки пестицидами в хозяйстве часто не соблюдались, и овощеводы были подвержены воздействию пестицидов в течение всего года в концентрациях, превышающих ПДК в 1,1–2,0 раза (класс 3.1).

При выполнении работ по срезанию растительной массы и подготовке растительных остатков к удалению в зоне дыхания работников были обнаружены формальдегид в концентрациях, превышающих ПДК в 1,4 раза, и пыль растительного происхождения, содержание которой превышало ПДК в 1,17 раза. Условия труда по загрязненности воздуха рабочей зоны пылью и вредными веществами отнесены к классу 3 первой степени (класс 3.1).

Основные рабочие операции в процессе выполнения всех технологических операций проводились вручную и характеризовались значительными физическими динамическими нагрузками с участием мышц рук, корпуса и ног, а также статическими нагрузками при подъеме и перемещении груза вручную массой более 10 кг и частыми (более 300 раз за смену) наклонами корпуса более 30 градусов. При выполнении всех видов работ овощеводы в течение 85–90 % рабочей смены находились в рабочей позе стоя с постоянными перемещениями по закрепленной площади обслуживания овощных культур. Тяжесть трудового процесса овощеводов соответствовала вредным (тяжелым) условиям труда 2-й и 3-й степени (классы 3.2 и 3.3) при выполнении различных видов работ в течение годового трудового цикла (табл. 2).

Общая оценка условий труда овощеводов закрытого грунта с учетом воздействия комплекса вредных факторов рабочей среды и трудового процесса при различных видах работ в течение годового трудового цикла соответствовала вредным условиям труда 2-й и 3-й степени (классы 3.2, 3.3) (табл. 3).

Априорная оценка профессионального риска, проведенная в соответствии методикой, изложенной в руководстве Р 2.2.1766-03, позволила установить, что в течение всего годового производственного цикла риск здоровью овощеводов колеблется от малого (умеренного) до очень высокого (непереносимого) в зависимости от вида выполняемых ими работ (табл. 4).

Таким образом, несмотря на внедрение новых технологий, овощеводы защищенного грунта в процессе трудовой деятельности подвержены воздействию комплекса вредных факторов, включающих нагревающий микроклимат, загрязненность воздуха рабочей зоны вредными химическими веществами в сочетании с тяжестью трудового процесса.

Т а б л и ц а 2

Оценка тяжести трудового процесса овощеводов защищенного грунта при выполнении основных видов работ

Вид работы	Показатель тяжести трудового процесса						Общая оценка тяжести труда
	физическая динамическая нагрузка (кг·м)	статическая нагрузка (кг·с)	масса поднимаемого и перемещаемого груза (кг)	рабочая поза		наклоны корпуса (раз за смену)	
				стоя (% времени смены)	характеристика позы (% времени смены)		
Выращивание и высадка рассады	6840, класс 2	97172, класс 3.1	9, класс 3.1	92	53 (неудобная) 10 (вынужденная)	582, класс 3.2	Класс 3.3
				Класс 3.2			
Формирование растений	1500, класс 2	25467, класс 2	3, класс 2	75	30 (неудобная)	210, класс 3.1	Класс 3.2
				Класс 3.1			
Сбор урожая и уход за растениями	4560, класс 2	39125, класс 2	10, класс 3.1	93	63 (неудобная) 15 (вынужденная)	297, класс 3.1	Класс 3.2
				Класс 3.2			
Удаление растительной массы	26560, класс 2	41180, класс 2	7, класс 2	90	30 (неудобная) 10 (вынужденная)	220, класс 3.1	Класс 3.2
				Класс 3.2			

Т а б л и ц а 3

Гигиеническая оценка факторов условий труда овощеводов при выполнении основных видов работ

Вид работы	Фактор рабочей среды				Общая оценка условий труда по Р 2.2.2006-05
	химический	микроклимат	АПФД	тяжесть труда	
Выращивание и высадка рассады	2	3.1	–	3.3	3.3
Формирование растений	2	3.1	–	3.2	3.2
Сбор урожая и уход за растениями	3.2	3.3	2	3.2	3.3
Удаление растительной массы	3.1	3.3	3.1	3.2	3.3

Т а б л и ц а 4

Показатели и критерии оценки профессионального риска овощеводов при выполнении основных видов работ

Вид работы	Показатель априорного риска (по Р 2.2.1766-03)		
	класс условий труда (по Р 2.2.2006-05)	категория профессионального риска	срочность мероприятий по снижению риска
Выращивание и высадка рассады	3.3	Высокий (непереносимый)	Требуются неотложные меры
Формирование растений	3.2	Средний (существенный)	Требуются меры в установленные сроки
Уход за растениями и сбор урожая	3.3	Высокий (непереносимый)	Требуются неотложные меры
Удаление растительной массы	3.3	Высокий (непереносимый)	Требуются неотложные меры

Выводы:

1. Интегральная оценка условий труда овощеводов защищенного грунта, проведенная в соответствии с руководством Р 2.2.2.2006-05, по совокупности действующих в течение всего годового

трудового цикла работ факторов производственной среды и трудового процесса соответствует вредным условиям труда 3-й степени (класс 3.3).

2. Установлен «высокий непереносимый» профессиональный риск здоровью овощево-

дов, что свидетельствует о необходимости дальнейших исследований состояния здоровья этой профессиональной группы работников: по данным периодических медицинских осмотров, углубленного изучения заболеваемости с временной утратой трудоспособности и других социально значимых показателей здоровья.

Список литературы

1. Влияние условий труда на состояние здоровья рабочих в тепличном производстве / О.В. Клепиков, Н.П. Мамчик, Н.В. Габбасова, Ю.С. Калашников // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 7. – С. 21–25.
2. Мамчик Н.П., Борисова Л.С., Каменева О.В. Гигиенические аспекты формирования заболеваемости работников тепличных хозяйств // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2014. – № 58. – С. 3–9.
3. Мигачева А.Г. Состояние условий труда и их влияние на здоровье овощеводов защищенного грунта // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 6. – С. 47–48.
4. Мигачева А.Г., Спирин В.Ф. Оценка профессионального риска здоровью овощеводов защищенного грунта по гигиеническим и медико-биологическим показателям // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 9. – С. 28–32.
5. Моисеева И.В., Борисова Л.С., Яцына Д.С. Роль производственных факторов в формировании состояния здоровья у работников тепличного хозяйства // Гигиена, токсикология, профпатология: традиции и современность: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под редакцией А.Ю. Поповой, В.Н. Ракитского. – М., 2016. – С. 514–517.
6. МУК 4.3.2755-10. Интегральная оценка нагревающего микроклимата: методические указания [Электронный ресурс] / утв. Роспотребнадзором 12.11.2010 г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, 2011. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200087779> (дата обращения: 22.05.2017).
7. Попова А.Ю. Проблемы и тенденции профессиональной заболеваемости работников сельского хозяйства Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 9. – С. 4–9.
8. Профессиональный риск для здоровья работников сельского хозяйства, гигиенические аспекты его оценки и управления (обзор литературы) / Т.А. Новикова, В.Ф. Спирин, Н.А. Михайлова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 5. – С. 22–28.
9. Р 2.2.1766–03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки: руководство. – М.: Федеральный центр госэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 24 с.
10. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 14.02.2017).
11. Рыжкова Н.С., Смирнов Г.Н., Широков Ю.А. Проблемы улучшения условий труда работников защищенного грунта // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 2–3. – С. 91–94.
12. Early breast development in girls after prenatal exposure to non-persistent pesticides / C. Wohlfahrt-Veje, H.R. Andersen, I.M. Schmidt, Aksglaede L., Sørensen K., A. Juul, T.K. Jensen, P. Grandjean, N.E. Skakkebaek, K.M. Main // Int. J. Androl. – 2012. – Vol. 35, № 3. – P. 273–82.
13. Factors Affecting Vegetable Growers' Exposure to Fungal Bioaerosols and Airborne Dust / V.M. Hansen, N.V. Meyling, A.W. Jørgen Eilenberg, A.M. Madsen // Ann. Occup. Hyg. – 2012. – Vol. 56, № 2. – P. 170–181.
14. Physical workloads of the upper-extremity among workers of the Colombian flower industry / L.H. Barrero, J.A. Pulido, S. Berrio, M. Monroy, L.A. Quintana, C. Ceballos, U. Hoehne-Hueckstaedt, R. Ellegast // American Journal of Industrial Medicine. – 2012. – Vol. 55, № 10. – P. 926–939.
15. Risk factors on chronic obstructive pulmonary disease among greenhouse workers in Liaoning province / S. Liu, L.Y. Li, Z.H. Li, D.L. Wen, X.G. Wang // Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi. – 2012. – Vol. 33, № 3. – P. 280–285.

Априорная оценка профессионального риска здоровью овощеводов защищенного грунта / А.Г. Мигачева, Т.А. Новикова, В.Ф. Спирин, Д.М. Шляпников // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 101–108. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.12

UDC 613.6.02

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.12.eng

A PRIORI ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH RISK FOR VEGETABLES GREENHOUSE WORKERS

A.G. Migacheva¹, T.A. Novikova¹, V.F. Spirin¹, D.M. Shlyapnikov²

¹Saratov scientific research institute of rural hygiene, 1A Zarechnaya Str., Saratov, 410022, Russian Federation

²Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

We performed comprehensive hygienic examination of working conditions in greenhouses at a greenhouse complex in Saratov region. Our research goal was to a priori assess occupational health risk for greenhouse workers on the basis of working conditions classification as per deviations of environment parameters and working process from the existing hygienic standards. We examined microclimate parameters in cold and warm seasons, contamination of working area air with hazardous chemicals and aerosols; we also performed occupational and time studies of work activities when basic working tasks were accomplished during an annual vegetables growing cycle in greenhouses. We detected that greenhouse workers during their working activity were exposed to a set of hazardous factors; the prevailing ones were heating microclimate, occurrence of hazardous chemicals and dust in increased concentrations in working area air, hardness of labor process which involved excessive physical exercise, long-term work in an inconvenient posture, frequent body bendings, and necessity to spend a lot of time standing. Overall hygienic assessment of greenhouse working conditions corresponded to 3 degree category of hazardous conditions (3.3 danger class) allowing for impacts exerted by a set of hazardous working environment factors and working process itself during annual working cycle. Hazardous working conditions caused occupational health risk for greenhouse workers which, in conformity with R 2.21766-03, corresponded to high (intolerable) risk when urgent activities aimed at its reduction were to be accomplished. Our research result prove that it is vital to perform further research on greenhouse workers health as per data on periodical medical examinations, more profound study of morbidity with temporary disablement, and other socially significant health parameters.

Key words: greenhouse workers, working conditions, hazardous production factors, occupational health risk, a priori assessment.

References

1. Klepikov O.V., Mamchik N.P., Gabbasova N.V., Kalashnikov Yu.S. Vliyanie uslovii truda na sostoyanie zdorov'ya rabochikh v teplichnom proizvodstve [Influence of work conditions on health state of workers engaged into hothouse production]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no.7, pp. 21–25 (in Russian).
2. Mamchik N.P., Borisova L.S., Kameneva O.V. Gigienicheskie aspekty formirovaniya zaboлеваemosti rabotnikov teplichnykh khozyaistv [Hygiene-related diseases of greenhouse workers]. *Nauchno-meditsinskii vestnik Tsentral'nogo Chernozem'ya*, 2014, no. 58, pp. 3–9 (in Russian).
3. Migacheva A.G. Sostoyanie uslovii truda i ikh vliyanie na zdorov'e ovoshchevodov zashchishchennogo grunta [The state of labor conditions and their impact on health of vegetable-growing workers of secure soil]. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2013, no. 6, pp. 47–48 (in Russian).
4. Migacheva A.G., Spirin V.F. Otsenka professional'nogo riska zdorov'yu ovoshchevodov zashchishchennogo grunta po gigienicheskim i mediko-biologicheskim pokazatelyam [Assessment of occupational health risk greenhouse workers on the hygienic and medical and biological indicators]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2016, no. 9, pp. 28–32 (in Russian).

© Migacheva A.G., Novikova T.A., Spirin V.F., Shlyapnikov D.M., 2017

Anna G. Migacheva – junior researcher of occupational medicine department (e-mail: migachevaag@yandex.ru; tel.: +7(8452) 92-34-94).

Tamara A. Novikova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of occupational medicine department (e-mail: novikovata-saratov@yandex.ru; tel.: +7(8452)34-71-84).

Vladimir F. Spirin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Research, Development and Innovative Technologies (e-mail: niusgsar@mail.ru; tel.: +7(8452)92-30-48).

Dmitriy M. Shlyapnikov – Candidate of Medical Sciences, Head of Health risks analysis department (e-mail: Shlyapnikov@fcrisk.ru; tel.: +7 (342)238-33-37).

5. Moiseeva I.V., Borisova L.S., Yatsyna D.S. Rol' proizvodstvennykh faktorov v formirovaniy sostoyaniya zdorov'ya u rabotnikov teplichnogo khozyaistva [Contribution made by production factors into greenhouse workers' health state]. *Gigiena, toksikologiya, proffpatologiya: traditsii i sovremennost': Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Hygiene, toxicology, and occupational pathology: traditions and today situation: Materials of Russian theoretical and practical conference with international participation]. In: A.Yu. Popova, V.N. Rakitskii, eds. Moscow, 2016, pp. 514–517 (in Russian).

6. MUK 4.3.2755-10. Integral'naya otsenka nagrevayushchego mikroklimata: Metodicheskie ukazaniya [MG 4.3.2755-10. Integral assessment of heating microclimate: Methodical guidelines]. Moscow, Federal'nyit-sentrgigienyiepidemiologii, Publ. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200087779> (22.05.2017) (in Russian).

7. Novikova T.A., Spirin V.F., Mikhailova N.A. [et al.]. Professional'nyi risk dlya zdorov'ya rabotnikov sel'skogo khozyaistva, gigienicheskie aspekty ego otsenki i upravleniya (obzor literatury) [Occupational hazard of agricultural workers health, hygienic aspects of its appraisal and management. (A survey of literature)]. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 5, pp. 22–28 (in Russian).

8. Popova A.Yu. Problemy i tendentsii professional'noi zaboлеваemosti rabotnikov sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii [Issues and trends in occupational morbidity of agricultural workers of the Russian Federation]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2016, no. 9, pp. 4–9. (in Russian).

9. R 2.2.1766-03. Rukovodstvo po otsenke professional'nogo riska dlya zdorov'ya rabotnikov. Organizatsionno-metodicheskie osnovy, printsipy i kriterii otsenki: rukovodstvo [Guidelines on occupational health risk assessment. Organizational and methodical grounds, principles, and assessment criteria: guidelines]. Moscow, Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, Publ., 2004, 24 p. (in Russian).

10. R 2.2.2006-05. Gigiena truda. Rukovodstvo po gigienicheskoi otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsesssa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda: rukovodstvo [Labor hygiene. Guide on hygienic assessment of working environment factors and working processes factors. Working conditions criteria and classification: guidelines]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (14.02.2017) (in Russian).

11. Ryzhkova N.S., Smirnov G.N., Shirokov Yu.A. Problemy uluchsheniya uslovii truda rabotnikov zashchishchennogo grunta [Issues of working conditions improvement for greenhouse workers]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*, 2017, no. 2–3, pp. 91–94 (in Russian).

12. Wohlfahrt-Veje C., Andersen H.R., Schmidt I.M., Aksglaede L., Sørensen K., Juul A., Jensen T.K., Grandjean P., Skakkebaek N.E., Main K.M. Early breast development in girls after prenatal exposure to non-persistent pesticides. *Int. J. Androl.*, 2012, vol. 35, no. 3, pp. 273–82.

13. Hansen V.M., Meyling N.V., Jørgen Eilenberg A.W., Madsen A.M. Factors Affecting Vegetable Growers' Exposure to Fungal Bioaerosols and Airborne Dust. *Ann. Occup. Hyg.*, 2012, vol. 56, no. 2, pp. 170–181.

14. Barrero L.H., Pulido J.A., Berrio S., Monroy M., Quintana L.A., Ceballos C., Hoehne-Hueckstaedt U., Ellegast R. Physical workloads of the upper-extremity among workers of the Colombian flower industry. *American Journal of Industrial Medicine*, 2012, vol. 55, no. 10, pp. 926–939.

15. Liu S., Li L.Y., Li Z.H., Wen D.L., Wang X.G. Risk factors on chronic obstructive pulmonary disease among greenhouse workers in Liaoning province. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*, 2012, vol. 33, no.3, pp. 280–285.

Migacheva A.G., Novikova T.A., Spirin V.F., Shlyapnikov D.M. A priori assessment of occupational health risk for vegetables greenhouse workers. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 3, pp. 101–108. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.12.eng

Получена: 19.07.2017

Принята: 19.09.2017

Опубликована: 30.09.2017

УДК 614.1/7: 612.017

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.13

ИЗУЧЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТРЕССА У ТРУДОВЫХ МИГРАНТОВ

М. Ходжиев, **Н.Ф. Измеров**, И.В. Бухтияров

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

Изучалась значимость социально-психологических факторов в формировании профессионального стресса у трудовых мигрантов, прибывших в Москву и Московскую область из Республик Средней Азии. Отдельно изучалась распространенность сексуальных домогательств среди женщин-мигранток и женщин Московской области. Со временной опасностью в нетрадиционных формах организации труда (трудовая миграция) является психическое напряжение, т.е. профессиональный стресс – проблема, привлекающая внимание специалистов в области медицины труда. Установлено, что социально-психологическими причинами к возникновению профессионального стресса выступают неудовлетворенность работой, низкий уровень интеграции в коллективах, плохие жилищно-бытовые условия. По результатам опроса выявлены единичные случаи (3–5 %) сексуальных домогательств при одинаковом их количестве у женщин-мигранток и жительниц Московского региона. Класс нервно-эмоциональной напряженности труда составил у строителей-монтажников, мосметростроевцев, строителей-арматуристов и рабочих дорожной сети 3.3–3.2; у других рабочих – 3.1; напряженность трудового процесса у женщин-мигранток, занятых в социальной сфере, соответствовала классу 3.2. Физиолого-психологическими особенностями, характеризующими лиц со сниженной трудовой адаптацией по критерию большей возможности развития профессионального стресса, являются низкий уровень внимания, скорости восприятия зрительных сигналов, преобладание высоких показателей систолического и диастолического артериального давления, свидетельствующих о формировании пограничной артериальной гипертензии. Функциональное состояние работников мигрантов в основном соответствует стадиям «рабочее напряжение I и II категории» и «перенапряжение». Стадийность в развитии профессионального стресса у трудовых мигрантов определяется уровнем нервно-эмоциональной напряженности труда.

Актуальным представляется социально-психологическое сопровождение трудовых мигрантов, которое может включать улучшение профессиональной подготовки работников, информированность персонала о рисках здоровью на рабочих местах, обучение безопасным приемам работы, повышение культуры профотбора, организация рационального режима труда и отдыха, обеспечение социальной поддержки работников.

Ключевые слова: трудовые мигранты, социально-психологические факторы, профессиональный стресс, нервно-эмоциональная напряженность труда.

По материалам исследований психосоциальные факторы могут способствовать формированию стресса на рабочем месте, приводить к ухудшению здоровья работающих, снижать эффективность профессиональной деятельности [3, 9]. Вопросы профессионального стресса: причины возникновения, особенности формирования и проявления при различных видах трудовой деятельности – являются актуальными в настоящее время [6, 7, 8].

Социально-экономические преобразования в республиках постсоветского пространства за последние десятилетия привели к сложной и нестабильной экономической ситуации, что существенно отразилось на уровне жизни

людей и привело к вынужденному выезду за пределы своего города и республики на заработки. Это отмечается в повседневной современной жизни населения всего мира и республик Средней Азии. Граждане трудоспособного возраста из бывших республик СССР прибывают на работу в различные регионы РФ. В процессе трудовой деятельности мигранты сталкиваются с различными стрессорными, психосоциальными, психологическими факторами, которые приводят к снижению адаптационной реакции организма и риску развития заболеваемости и смертности населения. Проведенные исследования трудовых мигрантов, работающих на различ-

© Ходжиев М., **Измеров Н.Ф.**, Бухтияров И.В., 2017

Ходжиев Махмадамин – кандидат медицинских наук, докторант (e-mail: amin.dok@mail.ru; тел.: 8 (968) 585-12-95).

Измеров Николай Федотович – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель.

Бухтияров Игорь Валентинович – директор, заведующий лабораторией физиологии труда и профилактической эргономики, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН (e-mail: niimt@niimt.ru; тел.: 8 (495) 365-02-09).

ных территориях Российской Федерации (РФ), показывают, что более 30 % работоспособного населения живет в условиях постоянного социального и психо-эмоционального стресса [13, 14, 15].

По материалам Центра службы статистики здоровья США в последние годы около 25 % мужчин и женщин указывали на присутствие выраженного эмоционального стресса на работе. Анализ литературы показал, что некоторые последствия высоких рабочих требований, низкого рабочего контроля и низкой поддержки рабочих сопровождаются высокими рисками нарушений здоровья. Высокая нервно-эмоциональная нагрузка приводит к функциональному напряжению и перенапряжению организма, в связи с этим в три раза повышается риск развития гипертонической болезни [7]. Большинство потенциальных стрессоров рабочего места идентифицировано и описано, среди них выделены две основные группы: физические и психологические [2]. Физические факторы рабочего места, вызывающие стресс, включают вредные и опасные условия труда: интенсивный шум, высокую или низкую температуру окружающей среды, воздействие токсических газов и паров.

Экономическая глобализация привела к растущей конкуренции среди предприятий РФ, что, в свою очередь, ведет к возрастанию стрессогенного фактора среди трудовых мигрантов, работающих на разного рода предприятиях и производствах. Число людей, испытывающих стресс, обусловленный работой, растет, особенно среди трудовых мигрантов. На основании психофизиологических и эпидемиологических исследований стресса на работе установлена связь производственной среды, организации труда и содержания работы с патофизиологическими изменениями адаптационного процесса организма мигрантов, приводящими к риску развития различных производственно-обусловленных заболеваний [3–5, 10, 11].

В последние годы предпринимаются усилия выявить значимость отдельных психо-социальных характеристик, таких как трудовая мотивация, удовлетворенность трудом, сексуальные домогательства среди женщин-мигранток, найти оптимальные решения в плане организации трудового процесса, рационализации устройства рабочего места, гармонизации межличностных отношений. Однако недостаточно данных по изучению соотношения социально-психологических показателей и напряженности трудового процесса с физиологическими харак-

теристиками адаптационного процесса организма трудовых мигрантов, что является предметом настоящих исследований.

Цель работы – изучение значимости и особенностей психосоциальных факторов в формировании профессионального стресса у трудовых мигрантов с различными нервно-эмоциональными нагрузками.

Материалы и методы. В основу социально-психологических исследований положен метод анкетирования по анкетам, предложенным и разработанным на основе «Профиля страны» экспертами ВОЗ и адаптированным нами для поставленных задач.

Исследования включали профессиографическую характеристику напряженности труда (НТ) работников с определением класса вредности и напряженности труда в соответствии с руководством Р 2.2.2006-05 на основе анализа структуры трудовой деятельности с балльной оценкой каждого вида нагрузок [12]. Психофизиологические исследования проведены на основании соответствующих специальных тестов, включали в себя оценку самочувствия, активности, настроения (САН), напряженности, тревожности, скорости восприятия зрительной и слуховой информации с помощью хронорефлексометрии, оценки концентрации внимания по корректурной пробе с кольцами Ландольта с последующим расчетом объема воспринимаемой информации (ОВИ), состояния кратковременной памяти – по тесту «память на числа», структуры личности – по тестам СМОЛ, Спилбергера. Для определения типа межличностного поведения в коллективах была использована методика Лири, направленная на оценку психологической совместимости работников.

Физиологическая оценка состояния сердечно-сосудистой системы проводилась по показателям частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления систолического (АД_с) и диастолического (АД_д), индекса функциональных изменений (ИФИ) по Баевскому, вариабельности сердечного ритма.

Исследование проводилось на шести профессиональных группах, которые подбирались с учетом нервно-эмоциональных, психосоциальных и психоэмоциональных нагрузок. Проведена оценка значимости психоэмоциональных, психосоциальных факторов, включая удовлетворенность трудом, формирование сотруди-ческих отношений руководителей по отношению к работникам среднего звена. Исследуемые группы: 1-я и 2-я группы – это трудовые мигранты,

работающие в крупных строительных организациях г. Москвы и Московской области, монтажники и арматурщики; 3-я группа – работники Мосметростроя, 4-я – лица, работающие в дорожной сети, 5-я – работники плодоовощного склада, 6-я – работники плодоовощного рынка. Отдельную группу составили женщины – трудовые мигранты, работающие в социальной сфере сиделками, нянями, домработницами. Анализ структуры обследуемых позволил заключить, что основной состав обследованных был в возрасте $20,58 \pm 2,74$ г. со стажем работы $2,25 \pm 0,53$ г. Всего обследовано 219 человек. Результаты исследований обрабатывались с использованием пакета прикладных программ Statistika for Windows. Достоверность изменений оценивалась по критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Гигиенические исследования показали, что содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны у строителей обеих групп не превышало установленных нормативов. Оценка шума на рабочих местах выявила, что только в группе арматурщиков, монтажников и Мосметрострое уровень шума превышал нормируемые значения в 1,5–2,0 раза.

Исследование функционального состояния организма работников проводилось в относительно благоприятных микроклиматических условиях (август – начало сентября), когда температура, относительная влажность и скорость движения воздуха были в пределах оптимальных и допустимых значений.

Профессиографический анализ деятельности позволил отнести труд мигрантов, работающих в крупных строительных организациях и Мосметрострое, к 3-му классу 3-й степени по показателям напряженности трудового процесса (НТ), связанного с выраженными эмоциональными нагрузками и неблагоприятным режимом работы. Труд строителей относится к травмоопасным видам деятельности с высокой степенью риска для собственной жизни, особенно при работе на высоте. Степень ответственности за безопасность других лиц обусловлена работой в бригаде и необходимостью скоординированных действий отдельных членов бригады, в ряде случаев имеющих низкий уровень профессионализма. Напряженность труда, работников дорожной сети относится к классу 3.2 в связи с работой в состоянии дефицита времени (необходимостью сформировать асфальт до застывания массы), что влияет на выполнение трудовой деятельности. Нервно-эмо-

циональная напряженность труда повышается в связи с постоянным контролем, связанным со снижением оплаты труда со стороны руководства. Выполнение ручных операций по уплотнению дорожного покрытия с помощью ручного виброинструмента приводит к воздействию на работника локальной вибрации. Напряженность труда (НТ) работников плодоовощного склада связана с высокой травмоопасностью при незнании безопасных приемов труда и работой в состоянии дефицита времени. Это позволяет оценить НТ по классу 3.2. Трудовая деятельность работников плодоовощного рынка связана с высоким уровнем межличностного общения, преодолением языкового барьера, возможностью негативного отношения со стороны местного населения. Полученные результаты указывают на напряженность труда, соответствующую классу 3.1. Напряженность труда мигранток, работающих в социальной сфере, обусловлена спецификой трудовой деятельности, особенно при уходе за тяжелобольными, пожилыми людьми и инвалидами. Это приводит к неблагоприятному режиму работы, ненормированному рабочему дню, отсутствию выходных дней. В ряде случаев имеет место эмоциональное напряжение, неблагоприятные межличностные отношения. Представленные профессиографические особенности трудовой деятельности работников социальной сферы позволяют оценить НТ по классу 3.2.

Результаты опроса ориентированы на оценку частоты психосоциальных факторов, обуславливающих стресс на работе. Отдельно изучалась распространенность и причины такого явления, как сексуальные домогательства среди трудовых мигрантов. Понятие харассмента (домогательство) – поведения, нарушающего неприкосновенность личной жизни сотрудницы (сотрудника), сравнительно новое для нашей страны, заимствованное из законодательства англосаксонских стран, и может включать в себя: шутки, намеки, навязчивые ухаживания, угрозы и т.п. В США в связи с особенностями законодательной системы ответчиком в судебных исках о сексуальных преследованиях сотрудников выступает компания, а не руководитель (сотрудник), совершивший противоправные действия. Желая избежать огласки и потери репутации, компаниям выгоднее выплатить компенсации жертве, чем потерять уважение в глазах клиентов. По мнению ряда авторов, понятие домогательства и отличие его от ухаживания обусловлено социально-психологическими представлениями

ми жителей каждой страны [1]. По результатам опроса выявлены единичные случаи (3–5 % сексуальных домогательств) при одинаковом их количестве у женщин-мигранток и женщин Московского региона. Около 77 % женщин никогда не испытывали домогательств.

Распространенность рабочих факторов стресса, связанных с выраженными нервно-эмоциональными нагрузками, оказалась не зависимой от класса вредности, определяемого по показателям напряженности труда (рис. 1). Такие производственные требования, как высокий рабочий темп, отсутствие свободы действий, контроль над методами и качеством работы, темпом и скоростью, над порядком выполнения задания, составили у работников Мосметростроя (класс 3.3) $20,0 \pm 10,39$ %, работников плодоовощного рынка – $35,0 \pm 8,37$ % (класс 3.1), работников социальной сферы – $36,67 \pm 7,97$ % случаев (класс 3.2).

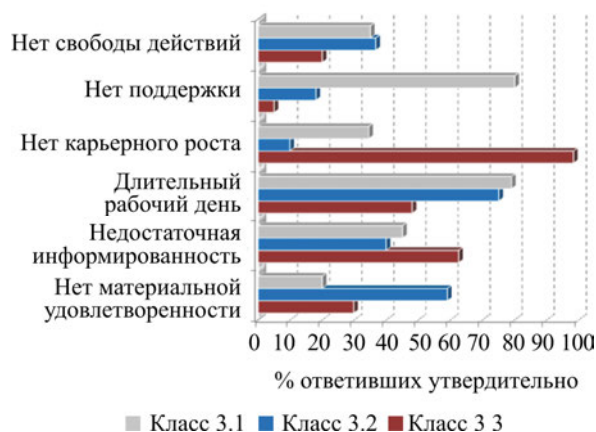


Рис. 1. Распространенность рабочих факторов стресса
Условные обозначения: серый цвет – работники плодоовощного рынка (класс 3.1); синий цвет – работники социальной сферы (класс 3.2); красный цвет – строители и мосметростроевцы (класс 3.3)

Воздействие неблагоприятных факторов трудового процесса и производственной среды типично для строителей, работающих в крупных строительных организациях, – 50,0 % вместо 26,6 % у лиц, работающих в социальной сфере. Длительный ненормированный рабочий день отмечался как типичный признак трудовой жизни в ответах работников всех профессиональных групп, что приводит к низкой удовлетворенности трудом. Ограниченная социальная поддержка, плохое отношение руководителя к подчиненным, которые работают по трудовому договору, отсутствие сотрудничества, коллегиальности отмечается практически у всех работников строительных организаций, что явля-

ется безусловным недостатком организации труда в данных коллективах. Недостаточные перспективы карьерного роста наиболее выражены у работников крупных строительных организаций – $98,3 \pm 3,05$ %, у работников плодоовощного рынка – $34,50 \pm 8,98$ % и у работников в социальной сфере – $9,9 \pm 2,035$ %. Различия между группами статистически значимы.

Недостаточный доступ к информации о личном трудовом вкладе, планах руководства, об успехах и трудностях, о других корпоративных новостях наиболее характерен для работников крупных строительных организаций и Мосметростроя. Отсутствие материальной заинтересованности и удовлетворенности трудом довольно часто отмечали работники в социальной сфере – $58,49 \pm 8,55$ % – и реже работники плодоовощного рынка – $20,88 \pm 9,05$ %. Разница в частоте встречаемости данного психосоциального фактора у работников изучаемых профессиональных групп может быть обусловлена различиями в характере нагрузок: неудовлетворительный режим работы с ненормированным рабочим днем, работой ночью и в выходные дни – у трудовых мигранток, занятых в социальной сфере.

При анкетном опросе работники всех профессиональных групп, труд которых сопровождается высокими нервно-эмоциональными нагрузками, отмечали необходимость концентрации внимания. Например, работники крупных строительных организаций и Мосметростроя – в 32,09 и 39,45 % случаев соответственно; быстро и точно восприятия информации – 25,0 и 20,5 %, запоминания большого объема информации на слух – 12,5 и 23,1 %, визуально – 12,5 и 20,5 %, выполнения нескольких видов деятельности одновременно – 28,2 и 43,7 %. Работа в условиях помех (25,0 % положительных ответов) оказалась наиболее характерна для работников плодоовощных складов и рынка.

По результатам опроса установлено, что с увеличением степени напряженности труда отмечалось нарастание процента лиц, предъявляющих жалобы на рабочий стресс. Стрессовые ситуации возникали еженедельно, несколько раз в неделю у 27,9 % работников плодоовощного рынка, у 38,9 % работников социальной сферы, у 54,7 % строителей, работающих в Мосметрострое и крупных строительных организациях (рис. 2). Иными словами, наибольшая частота развития стрессовых ситуаций соответствовала более высокому классу вредности, определяемому по показателям напряженности труда.

При работе с нервно-эмоциональными нагрузками снижается уровень удовлетворенности трудом. До работы практически одинаковые значения оказались у трудовых мигрантов, занятых на строительных работах в качестве монтажников и арматурщиков в крупных строительных организациях.

В целом проведенный сравнительный анализ психосоциальных факторов у работников различных профессиональных групп, различающихся по характеру, виду и специфике труда, показал, что низкая удовлетворенность трудом отмечается во всех трудовых коллективах и определяется степенью напряженности труда.

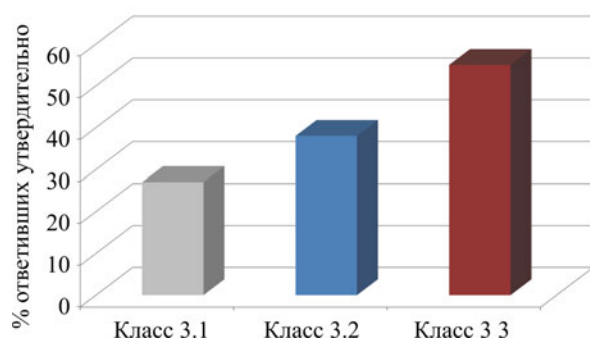


Рис. 2. Распространенность рабочих факторов стресса
Условные обозначения: серый цвет – работники плодоовощного рынка (класс 3.1); синий цвет – работники социальной сферы (класс 3.2); красный цвет – строители и мосметростроевцы (класс 3.3)

Наблюдалось изменение удовлетворенности трудом в течение рабочей смены в зависимости от уровня НТ. В динамике смены выявлено уменьшение удовлетворенности трудом у работников Мосметростроя (класс 3.3) на 9,1 % после 8 часов и на 10,6 % ($p \leq 0,05$) после 12 часов работы; у работников крупных строительных организаций (класс 3.3) – на 13,2 % ($p \leq 0,05$) после 12 часов работы. В то же время практически отсутствовало ухудшение удовлетворенности трудом у работников плодоовощного рынка (класс 3.1 по показателям напряженности трудового процесса).

В целом проведенный сравнительный анализ психосоциальных факторов у работников профессиональных групп, различающихся по характеру, виду и специфике труда, показал, что низкая удовлетворенность трудом отмечается во всех трудовых коллективах и определяется степенью напряженности труда. Наиболее выраженное снижение удовлетворенности трудом отмечается у трудовых мигрантов, работающих в крупных строительных организациях, Мос-

метрострое (класс НТ 3.3), меньшее у работников плодоовощного склада (класс НТ 3.2) и рынка (класс НТ 3.1), в соответствии со степенью вредности, определяемой по напряженности трудового процесса. В подтверждение этого рассчитанные коэффициенты корреляции между удовлетворенностью трудом и НТ для 1-й и 2-й группы работников составляют $r = -0,85$; $p \leq 0,05$, для 3-й – $r = -0,64$; $p \leq 0,05$.

Социально-психологические факторы эффективности групповой деятельности включают психологическую совместимость работников, возрастающую взаимозависимость друг от друга. Способность участников производственного коллектива к согласованным действиям изучалась по результатам теста Лири. В ряде случаев ($15,0 \pm 1,2$ %) наблюдались негативные межличностные отношения, которые обеспечивали низкую взаимозависимость работников и повышали цену деятельности. Особенно это характерно для мигрантов, работающих на стройках, в Мосметрострое, у женщин-мигранток, занятых в социальной сфере. Незначительная положительная совместимость отмечается у работников плодоовощного склада.

На основании теста Лири, направленного на выявление межличностных отношений, выяснилось, что среди факторов, определяющих низкую удовлетворенность трудом в коллективах, большую роль играет отсутствие или низкая выраженность фактора срабатываемости (совместимости) работников. Использование теста возможно на стадии формирования бригады в строительных организациях, Мосметрострое, на дорожных работах. Также было установлено, что удовлетворенность трудом низка в коллективах, где руководители нарушают трудовой договор, несвоевременно и не в полном объеме выплачивают заработную плату, не обеспечивают создание условий труда согласно санитарно-эпидемиологическим требованиям. Отмечается низкая социальная поддержка трудовых мигрантов со стороны руководителей. В то же время при работе женщин-мигранток в социальной сфере наблюдается доброжелательное отношение авторитетных руководителей к своим подчиненным.

Результаты изменений психофизиологических показателей и уровней рабочего напряжения у мигрантов при различной степени нервно-эмоциональной напряженности труда представлены в таблице.

Полученные уровни показателей выявили наиболее высокие значения рабочего напряжения

Интегральный показатель рабочего напряжения у мужчин-мигрантов в зависимости от класса напряженности труда

Физиологические показатели	Группа обследуемых и класс напряженности труда				
	строители, монтажники, арматурщики – 3.3	работники Мосметростроя – 3.3	строители, работники дорожной сети – 3.2	работники плодоовощного склада – 3.2	работники плодоовощного рынка – 3.1
Латентный период простой зрительной моторной реакции	Изменение, %				
	20,1	22,0	17,4	7,5	5,5
Концентрация внимания по объему воспринимаемой информации	17,3	18,1	15,5	9,1	3,8
Индекс функциональных изменений системы кровообращения	18,0	16,8	13,5	6,0	2,3
Максимальная мышечная работоспособность	26,7	25,4	26,8	13,7	5,1
Интегральный показатель рабочего напряжения, усл.ед					
	0,69	0,69	0,58	0,34	0,18

(0,69 усл.ед.) у мужчин-мигрантов, работающих монтажниками в крупных строительных организациях и строителями в Мосметрострое (класс НТ 3.3), на что указывает увеличение амплитуды колебаний психофизиологических показателей в динамике выполнения рабочей нагрузки.

Возрастание диапазона колебаний изучаемых параметров обусловлено напряжением регуляторных механизмов, обеспечивающих адаптационный процесс организма к новым ситуационным условиям. Это обусловлено снижением концентрации внимания от уровня класса НТ 3.1 в 4,0 раза, накоплением рабочего напряжения. Наблюдались более низкие уровни рабочего напряжения у рабочих, занятых на ремонте дорожной сети (класс НТ 3.2), а также у работников плодоовощного склада (класс НТ 3.2) и рынка (НТ 3.1): 0,58; 0,34 и 0,18 усл. ед. соответственно.

Накопление рабочего напряжения сопровождается ростом количественных значений напряжения и приводит к формированию рабочего напряжения второй категории, которое наблюдаем при классе НТ 3.3–3.2. Причем рабочее напряжение второй степени больше проявляется в преобладании активационных процессов вегетативных функций. Так, в группе работников дорожной сети в течение рабочего дня уровень диастолического артериального давления возрастал от $87,3 \pm 1,15$ до $93,80 \pm 1,66$ мм рт. ст. ($p \leq 0,05$). Кроме того, выявлено значительное число лиц с пограничной артериальной гипертензией среди работников крупных строительных организаций и Мосметростроя, когда АД_с и АД_д определялись в пределах «опасной зоны»

(140/90–159/94 мм рт. ст.) в относительно молодых возрастных группах 30–39 и 40–49 лет. Все вышеназванное является свидетельством снижения работоспособности и неудовлетворительной адаптации организма мигрантов, прибывших из республики Средней Азии, к условиям Московского региона.

Основные психологические причины формирования профессионального стресса: низкий уровень профессионализма, недостаточная информированность персонала об уровне вредности и опасности (при работе на высоте), иллюзия безнаказанности нарушений правил безопасности.

Психологическое тестирование выявило 50–75 % лиц с повышенным уровнем личностной тревожности среди трудовых мигрантов. В то же время ситуативная тревожность в начале работы не достигала больших величин и составляла 20–25 баллов, к концу работы значения тревожности возрастали до 45–55 баллов, что указывает на высокий уровень тревожного состояния. Не обнаружены гендерные различия в показателях психического статуса мигрантов.

Иными словами, по результатам психологических исследований выявлено значительное число лиц с повышенным уровнем тревожности, обусловленным степенью напряженности труда и воздействием неблагоприятных социально-психологических факторов. Низкая культура профотбора также является важным фактором, обуславливающим высокий уровень социальных рисков. Этот фактор усугубляется слабой профессиональной подготовкой работников.

Выводы:

1. Современной опасностью в нетрадиционных формах организации труда (трудовая миграция) является психическое напряжение, т.е. профессиональный стресс – проблема, привлекающая внимание специалистов в области медицины труда.

2. Социально-психологическими причинами возникновения профессионального стресса по данным специального анализа выступают неудовлетворенность работой, сексуальные домогательства, низкий уровень интеграции в коллективе, плохие жилищно-бытовые условия. По результатам опроса выявлены единичные случаи (3–5 %) сексуальных домогательств при одинаковом их количестве у женщин-мигранток и жительниц Московского региона; около 77 % женщин никогда не испытывали домогательств.

3. Установлен по результатам психофизиологических исследований класс нервно-эмоциональной напряженности труда, который составил у строителей-монтажников, мосметростоевцев, строителей-арматурщиков и рабочих дорожной сети 3.3–3.2; у других рабочих – 3.1; напряженность трудового процесса у женщин-мигранток, занятых в социальной сфере, соответствовала классу 3.2.

4. Физиолого-психологическими особенностями, характеризующими лиц со сниженной трудовой адаптацией по критерию большей воз-

можности развития профессионального стресса, являются низкий уровень внимания, скорости восприятия зрительных сигналов, преобладание высоких показателей систолического и диастолического артериального давления, свидетельствующих о формировании пограничной артериальной гипертонии.

5. По результатам физиологических исследований установлены стадии формирования функционального состояния: рабочее напряжение I и II категории, перенапряжение. Стадийность в развитии профессионального стресса у трудовых мигрантов определяется уровнем нервно-эмоциональной напряженности труда.

6. Социально-психологическое сопровождение трудовых мигрантов включает улучшение профессиональной подготовки работников, информированность персонала об уровне вредности и опасности (при работе на высоте) производственных факторов, обучение безопасным приемам работы, гласность и наглядность в представлении тяжести последствий (инвалидность и т.д.) различных заболеваний и их причин, повышение культуры профотбора, организация рационального режима труда и отдыха с регламентацией длительности рабочего дня, повышение степени взаимодействия и психологической совместимости членов производственного коллектива, обеспечение социальной поддержки работников.

Список литературы

1. Балабанов С.С., Саралиева З.Х. Сексуальные домогательства на работе в России // Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2010. – Т. 17, № 1. – С. 7–12.
2. Величковский Б.Т. Социальный стресс, трудовая мотивация и здоровье // Бюллетень научного совета «Медико-экологические проблемы здоровья работающих». – 2005. – № 2. – С. 9–18.
3. Галимов А.Р., Кайбышев В.Т. Здоровье как нравственная ценность и его самооценка врачами // Медицина труда и промышленная экология. – 2005. – № 7. – С. 37–42.
4. Дементьева С.В. Особенности адаптации мигрантов из зарубежных стран в городах России по данным социологических исследований // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2005. – Т. 308, № 5. – С. 195–199.
5. Джафарли Н. Совершенствование механизма социальной адаптации мигрантов в России // Современная психология: теория и практика: материалы XVI Международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во «Институт стратегических исследований», 2015. – С. 101–105.
6. Измеров Н.Ф., Липенецкая Т.Д., Матюхин В.В. Стресс на производстве как важная составляющая проблемы психического здоровья в обществе // Российский психиатрический журнал. – 2005. – № 2. – С. 12–16.
7. Измеров Н.Ф., Матюхин В.В., Юшкова О.И. Стресс на работе // Безопасность и медицина труда. – 2001. – № 3. – С. 32–37.
8. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И. Проблемы здоровья работающего населения в России // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 3. – С. 56–70.
9. Калинина С.А. Роль психосоциальных факторов в формировании профессионального стресса у работников с различной степенью напряженности труда // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2007. – № 6. – С. 44–49.
10. МР 2.2.9.2311-07. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности: методические рекомендации. – М.: Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда» РАМН, 2007. – 26 с.
11. Полетаев Д.В. Адаптация домашних работников-мигрантов в России // Тезисы докладов международной научной конференции «Человек в меняющемся мире. Проблемы идентичности и социальной адап-

тации в истории и современности: методология, методика и практики исследования». – Томск: Изд-во Томского университета, 2014. – С. 95–96.

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

13. Симонова Н.И. Значимость психосоциальных факторов трудового процесса для работников различных профессий в современных условиях // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 6. – С. 41–47.

14. Belkic K., Landsbergis P.A. Is job strain a major source of cardiovascular risk // Scand. J. Work Environ. Health. – 2004. – Vol. 30, № 2. – P. 85–128.

15. Kivimäki M., Leinonen P. Work stress and risk of coronary mortality: prospective cohort study of industrial employees // British Medical Journal. – 2002. – № 3. – P. 857–863.

Ходжиев М., Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В. Изучение социально-психологических факторов формирования профессионального стресса у трудовых мигрантов // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 109–117. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.13

UDC 614.1/7:612.017

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.13.eng

EXAMINATION OF SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL FACTORS CASUING OCCUPATIONAL STRESS IN LABOR MIGRANTS

M. Khodzhiev, N.F. Izmerov, I.V. Bukhtiyarov

Izmerov's Research Institute of Occupational Health, 31 Budennogo avenue, Moscow, 105275, Russian Federation

We examined significance which social and psychological factors had in occupational stress evolvement in labor migrants who came to Moscow and Moscow region from Central Asia republics. A separate issue was sexual harassment occurrence which female migrants and Moscow region females faced. Psychological tension, i.e. occupational stress, is a contemporary danger in non-conventional working process (labor migration) and it attracts attention of occupational medicine experts. We determined that there were some social and psychological reasons for occupational stress, such as dissatisfaction with work, low level of integration in working teams, poor living conditions. As per questioning results we revealed single harassment cases (3-5%) and their number was the same both for female migrants and for females from Moscow region. Neuro-emotional labor intensity category amounted to 3.3-3.2 for millwrights, subways builders, steelmen, and road construction workers; it amounted to 3.1 for other workers; as for female migrants employed in social sphere, their work category was 3.2. The following physiological and psychological peculiarities characterize people with low working adaptation as per criteria of great occupational stress evolvement probability: low attention level, slow visual signals perception, prevalence of high systolic and diastolic blood pressure as a sign of arterial hypertension evolvement. Functional state of labor migrants mostly corresponds to "working strain of 1st and 2nd degree" and "overstrain". Staging in occupational stress evolvement in labor migrants is determined by level of labor neuro-emotional intensity.

It seems vital to provide social and psychological support for labor migrants which can include improvements in occupational training, informing workers on health risks occurring at their working places, training on safe working practices, development of occupational selection culture, organization of rational work and rest regime, providing social support for workers.

Key words: labor migrants, social and psychological factors, occupational stress, neuro-emotional labor intensity.

© Khodzhiev M., Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., 2017

Makhmadamin Khodzhiev – Candidate of Medical Sciences, working for a doctor's degree (e-mail: amin.dok@mail.ru; tel.: +7 (968) 585-12-95).

Nikolay F. Izmerov – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Supervisor.

Igor' V. Bukhtiyarov – Director, Head of Laboratory for Labor Physiology and Preventive Ergonomics, Doctor of Medical Sciences, Professor, a Corresponding Member of the Russia Academy of Sciences (e-mail: niimt@niimt.ru; tel.: +7 (495) 365-02-09).

References

1. Balabanov S.S., Saraliev Z.Kh. Seksual'nye domogatel'stva na rabote v Rossii [Sexual advances on work in Russia]. *Vestnik nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki*, 2010, vol. 17, no. 1, pp. 7–12. (in Russian).
2. Velichkovskii B.T. Sotsial'nyi stress, trudovaya motivatsiya i zdorov'e [Social stress, labor motivation and health]. *Byulleten' nauchnogo soveta «Mediko-ekologicheskie problemy zdorov'ya rabotayushchikh»*, 2005, no. 2, pp. 9–18 (in Russian).
3. Galimov A.R., Kaibyshev V.T. Zdorov'e kak nravstvennaya tsennost' i ego samootsenka vrachami [Health as moral value and its assessment by doctors]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2005, no. 7, pp. 37–42 (in Russian).
4. Dement'eva S.V. Osobennosti adaptatsii migrantov iz zarubezhnykh stran v gorodakh Rossii po dannym sotsiologicheskikh issledovaniy [Adaptation peculiarities of migrants from foreign countries in Russian cities as per sociological research data]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*, 2005, vol. 308, no. 5, pp.195–199. (in Russian).
5. Dzhafarli N. Sovershenstvovanie mekhanizma sotsial'noi adaptatsii migrantov v Rossii [Developing a social adaptation mechanisms of migrants in Russia]. *Sovremennaya psikhologiya: teoriya i praktika: materialy KhVI mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Contemporary psychology: theory and practice: Materials of the XVI international theoretical and practical conference]*. Moscow, Institut strategicheskikh issledovaniy Publ., 2015, pp. 101–105 (in Russian).
6. Izmerov N.F., Lipenetskaya T.D., Matyukhin V.V. Stress na proizvodstve kak vazhnaya sostavlyayushchaya problema psikhicheskogo zdorov'ya v obshchestve [Occupational stress as a significant part of psychological health in a society.]. *Rossiiskii psikiatricheskii zhurnal*, 2005, no. 2, pp. 12–16 (in Russian).
7. Izmerov N.F., Matyukhin V.V., Yushkova O.I. Stress na rabote [Stress at work]. *Bezopasnost' i meditsina truda*, 2001, no. 3, pp. 32–37 (in Russian).
8. Izmerov N.F., Tikhonova G.I. Problemy zdorov'ya rabotayushchego naseleniya v Rossii [Health protection problems in Russia's working population]. *Problemy prognozirovaniya*, 2011, no. 3, pp. 56–70 (in Russian).
9. Kalinina S.A. Rol' psikho-sotsial'nykh faktorov v formirovaniy professional'nogo stressa u rabotnikov s razlichnoi stepen'yu napryazhennosti truda [The role of psychological and social factors in establishment of professional stress of workers with different labor intensity]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiya i ekologiya*, 2007, no. 6, pp. 44–49 (in Russian).
10. Profilaktika stressovogo sostoyaniya rabotnikov pri razlichnykh vidakh professional'noi deyatel'nosti: Metodicheskie rekomendatsii MR 2.2.9.2311-07 [Prevention of stress in workers with various occupations: Methodical Guidelines MP 2.2.9.2311-07]. Moscow, Gosudarstvennym uchrezhdeniem Nauchno-issledovatel'skii institut meditsiny truda RAMN, 2007, 26 p.
11. Poletaev D.V. Adaptatsiya domashnikh rabotnikov-migrantov v Rossii [Adaptation of domestic migrant workers in Russia]. *Tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Chelovek v menyayushchemsya mire. Problemy identichnosti i sotsial'noi adaptatsii v istorii i sovremennosti: metodologiya, metodika i praktiki issledovaniya» [Theses of the reports, International scientific conference «A man in the changing world. Historical and contemporary issues of identity and social adaptation: methodology, methods and research practices»]*. Tomsk, Izd-vo Tomskogo universiteta, 2014, pp. 95–96. (in Russian).
12. Rukovodstvo po gigienicheskoi otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsesssa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda R 2.2.20006-05 [Guide on hygienic assessment of working environment factors and working process factors. Labor conditions criteria and classification P 2.2.20006-05]. Moscow, Federal'nyi tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, Publ., 2005, 142 p. (in Russian).
13. Simonova N.I. Znachimost' psichosotsial'nykh faktorov trudovogo protsesssa dlya rabotnikov raliznykh professii v sovremennykh usloviyakh [Importance of psycho-social factors of work process for variable occupations in contemporary conditions]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2008, no. 6, pp.41–47 (in Russian).
14. Belkic K., Landsbergis P.A. Is job strain a major source of cardiovascular risk. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2004, vol. 30, no.2, pp.85–128.
15. Kivimak M., Leonon-Arjas P. Work stress and risk of coronary mortality :prospective cohort study of industrial employees. *British. Medical. Journal*, 2002, no.3, pp. 857–863.

Khodzhev M., Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V. Examination of social and psychological factors casuing occupational stress in labor migrants. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 109–117. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.13.eng

Получена: 30.11.2016

Принята: 20.07.2017

Опубликована: 30.09.2017

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

УДК 615.9: [577.175.1.08: 631.811.98]: 613.26
DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.14

ОСОБЕННОСТИ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ОБОСНОВАНИЕ РЕГЛАМЕНТОВ ЕГО БЕЗОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ

Е.К. Власенко

Научно-практический центр гигиены, Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 8

Объектом исследования послужил регулятор роста растений гексильный эфир 5-аминолевулиновой кислоты, синтезированный по оригинальной технологии Институтом биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси. Целью работы являлось установление особенностей токсического действия нового средства защиты растений на экспериментальных моделях in vivo/in vitro и обоснование комплекса гигиенических нормативов его содержания в различных средах, обеспечивающих его безопасное производство и применение. Исследование проведено с применением токсикологических, физиологических, гематологических, биохимических, иммунологических, цитогенетических, цитологических, статистических методов. Впервые выполнена токсикологическая оценка нового регулятора роста растений при различных режимах, дозах и путях поступления в организм лабораторных животных, позволившая установить параметры его токсикометрии, особенности биологического действия, проявляющиеся кожно-резорбтивными, кумулятивными и раздражающими слизистые оболочки свойствами, умеренной репродуктивной токсичностью без существенных признаков гонадотропного, мутагенного и аллергенного действия на организм. Установлено, что токсическое действие изучаемого соединения на организм сопровождается мембранотропными и цитотоксическими эффектами. Определены в хроническом эксперименте критерии и лимитирующие показатели вредного действия гексильного эфира 5-аминолевулиновой кислоты, на основании которых разработаны допустимая суточная доза для человека и ряд регламентов содержания препарата в объектах окружающей среды (воздух рабочей зоны и атмосферы, вода, почва), продовольственном сырье и пищевых продуктах (зерно хлебных злаков и рапса, рапсовое и льняное масло). Полученные результаты послужили основой для установления девяти гигиенических нормативов и использованы для государственной регистрации регулятора роста растений, что обеспечит безопасность его производства и применения в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: гексильный эфир 5-аминолевулиновой кислоты, регуляторы роста растений, токсичность, опасность, биологические эффекты, лабораторные животные, культуры клеток, гигиенические нормативы.

Перспективным направлением интенсификации сельскохозяйственного производства является применение регуляторов роста растений, которые дополняют эффективность использования удобрений и пестицидов. Регуляторами роста являются физиологически активные вещества природного или синтетического происхождения, которые путем воздействия на интенсивность и направленность процессов морфогенеза растений способствуют увеличению продуктивности растениеводства.

Развивая это направление, в Институте биоорганической химии НАН Беларуси создан

новый регулятор роста растений на основе гексильного эфира 5-аминолевулиновой кислоты (ГЭ-АЛК) [8], который оказывает эффективное стимулирующее действие на рост и развитие ряда сельскохозяйственных культур, а также повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям культивирования [3, 11, 12].

Для обеспечения безопасного опытно-промышленного синтеза и применения нового препарата необходимо осуществление его полной токсикологической оценки с обоснованием необходимых регламентов содержания в объектах среды обитания человека. Вышеизложенное

© Власенко Е.К., 2017

Власенко Евгений Константинович – научный сотрудник лаборатории профилактической и экологической токсикологии (e-mail: evgenii_vlasenko@mail.ru; тел.: 8 (017) 284-13-96).

свидетельствует об актуальности комплексных токсикологических исследований по оценке степени токсичности и опасности ГЭ-АЛК, установлению токсикодинамики и возможных механизмов вредного действия препарата на организм, обоснованию лимитирующих показателей вредности.

Цель работы – установить особенности токсического действия ГЭ-АЛК на экспериментальных моделях *in vivo/in vitro* и обосновать комплекс гигиенических нормативов, обеспечивающих его безопасное производство и применение.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования, основанные на методических документах [5, 13, 14], проведены на 200 нелинейных белых мышах (17–23 г), 325 рандом-бредных белых крысах (180–210 г) и 3 белых кроликах (4,2–4,5 кг).

При проведении токсикологических исследований моделировали острые, подострые и хронические формы отравлений. В острых опытах параметры токсикометрии ГЭ-АЛК определяли при внутрижелудочном, эпикутанном, ингаляционном путях поступления в организм с последующим расчетом летальных доз методом пробит-анализа и определением величин показателей потенциальной опасности острого отравления. Способность к кумуляции в подострых опытах при внутрижелудочном введении и характер кожно-резорбтивного действия устанавливали на белых крысах в повторных 30-дневных опытах. Хронический эксперимент проведен на белых крысах, которым внутрижелудочно на протяжении 6 месяцев вводили ГЭ-АЛК в дозах 110, 30 и 11 мг/кг. Исследования и процедуры выполнены согласно руководствам и нормативным документам (ГОСТ 3 51000.3-96 и 51000.4-96; Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных или в иных научных целях (ETS № 123); Приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003 г. Правила лабораторной практики (GLP)). Животных выводили из эксперимента с соблюдением требований Международных рекомендаций по проведению медико-биологических исследований с использованием животных (1997).

Изучение сенсibiliзирующей активности, раздражающего действия ГЭ-АЛК на слизистые оболочки глаза и на неповрежденные кожные покровы проводили в соответствии с инструкцией № 1.1.11–12–35–2004 [14].

Влияние ГЭ-АЛК на репродуктивную функцию белых крыс изучали по методу А.А. Динер-

ман [4]. Для оценки мутагенной активности использовали тест Эймса [17] и цитогенетический метод хромосомных aberrаций на лимфоцитах периферической крови человека [18]. Цитотоксические свойства ГЭ-АЛК изучали с использованием перевиваемых культур эмбриональных фибробластов человека (ЭФЧ) и аденокарциномы легкого человека А-549, культивируемых по методике L. Hayflick, P. S. Moorhead [19].

Для оценки состояния детоксикационной монооксигеназной системы использовали микросомальную фракцию печени белых крыс [20], в которой определяли содержание цитохромов P450 и P420, активность P450-редуктазы, кинетические параметры (K_m , V_{max}) реакций окисления 7-этоксикумарина и 7-этоксирезорурфина.

Изучение структурно-функциональных свойств мембран осуществляли с применением флуоресцентного зонда пирена, вносимого в суспензию теней эритроцитов белых крыс при воздействии ГЭ-АЛК в опытах *in vivo* и *in vitro* [2].

Результаты исследований обрабатывали общепринятыми методами. Различия между контрольными и опытными группами считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты токсиколого-гигиенической оценки нового соединения могут впоследствии использоваться для установления параметров безопасности по критериям допустимого риска.

Результаты и их обсуждение. При однократном внутрижелудочном введении ГЭ-АЛК белым мышам и крысам обоего пола установлены основные количественные параметры токсичности (DL_{16} , DL_{50} , DL_{84}) и опасности (S, R), которые не имеют видовых (коэффициент видовой чувствительности – 2,6) и половых различий и позволяют отнести препарат к умеренно опасным соединениям (таблица) [10].

В условиях моделирования острого ингаляционного отравления при максимально достижимой концентрации ГЭ-АЛК признаки интоксикации и гибель белых мышей отсутствовали, как и при однократном нанесении 50%-ного раствора на кожу белых крыс в дозе 800 мг/кг. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии опасности острых отравлений при указанных путях воздействия.

При однократной инстилляции 50 мкл 50%-ного раствора ГЭ-АЛК в нижний конъюнктивный свод правого глаза кроликов наблюдали обильное слезотечение, умеренное покраснение сосудов конъюнктивы, отек век и блефароспазм, что позволяет отнести его к веществам

Параметры токсичности и потенциальной опасности острого отравления ГЭ-АЛК

Вид животных	Величина летальной дозы, мг/кг			Показатель потенциальной опасности острого отравления	
	DL ₁₆	DL ₅₀	DL ₈₄	S	R
Мыши, самцы	2540	3000 (2630÷3420)	3540	1,18 (0,99÷1,4)	1,39
Мыши, самки	2470	3170 (2710÷3710)	3900	1,26 (1,13÷1,41)	1,58
Крысы, самцы	6350	8800 (6560÷11800)	12500	1,41 (0,97÷2,0)	1,97
Крысы, самки	4800	7800 (5740÷10600)	12600	1,62 (1,12÷2,35)	2,63

Примечания:

1. DL₁₆, DL₅₀, DL₈₄ – дозы, вызывающие 16 %, 50 %, 84 % летальных исходов.

2. S – функция угла наклона прямой «доза – эффект».

3. R – размах летальных доз.

с выраженным раздражающим действием. Признаки раздражающего действия препарата при однократном контакте с неповрежденными кожей покровами белых крыс отсутствовали.

Сенсибилизирующая способность ГЭ-АЛК, изученная в опытах на белых мышках на модели воспроизведения гиперчувствительности замедленного типа, не выявлена.

При внутрижелудочном введении самцам белых крыс ГЭ-АЛК в течение 30 суток наличие смертельных эффектов на уровне 1/5 DL₅₀ позволило рассчитать коэффициент кумуляции, равный 1,6, который характеризует препарат как высококумулятивное соединение. Наиболее выраженные изменения зарегистрированы при внутрижелудочном введении белым крысам ГЭ-АЛК в течение 30 суток в дозе 880 мг/кг (1/10 DL₅₀) в виде статистически значимых сдвигов поведенческой активности, увеличения суммационно-порогового показателя (СПП) на 78 % и относительных коэффициентов массы (ОКМ) внутренних органов – печени, сердца, легких, селезенки, почек и надпочечников. Со стороны гематологических показателей выявлено достоверное по сравнению с контролем снижение концентрации гемоглобина на 13 % и оксигемоглобина на 14 %, количества эритроцитов на 15 %, гематокрита на 12 %. О нарушении кислотно-основного состояния крови свидетельствует достоверное по сравнению с контролем снижение парциального давления кислорода на 24 %, увеличение парциального

давления углекислого газа на 14 % и бикарбонатной емкости крови на 13 %. В сыворотке крови белых крыс обнаружено повышение уровня активности гамма-глутамилтранспептидазы (ГГТ) в 1,5 раза ($p < 0,05$), аланинаминотрансферазы (АЛТ) – в 2,3 раза ($p < 0,05$), увеличение содержания общего билирубина – в 2,0 раза ($p < 0,05$), компонента комплемента С3 – в 1,5 раза и иммуноглобулина G – на 28 % ($p < 0,05$) по отношению к контролю. Наличие гиперферментемий, патофизиологической основой которых является повреждение мембран гепатоцитов, указывает на мембраноповреждающее действие соединения.

При субхроническом внутрижелудочном введении ГЭ-АЛК в дозе 440 мг/кг (1/20 DL₅₀) у подопытных крыс наблюдали изменения двигательной активности и увеличение СПП на 60 % ($p < 0,05$). По окончании эксперимента у подопытных животных зарегистрировано увеличение ОКМ сердца, почек и надпочечников ($p < 0,05$), снижение в периферической крови концентрации гемоглобина на 9 % и повышение уровня общего билирубина в 1,6 раза по сравнению с контролем ($p < 0,05$). При снижении вводимой дозы ГЭ-АЛК до 110 мг/кг (1/80 DL₅₀) выявлено лишь увеличение содержания в сыворотке крови белых крыс общего билирубина в 1,3 раза по отношению к контролю ($p < 0,05$).

Изучение кожно-резорбтивных свойств ГЭ-АЛК в виде 50%-ного раствора (864 мг/кг) в условиях 30-кратных аппликаций на кожу спины белых крыс не выявило внешних признаков интоксикации и гибели животных. Однако у животных наблюдалось повышение ферментативной активности АЛТ на 21,6 % ($p < 0,05$) и увеличение содержания мочевины на 22 % ($p < 0,05$) в сыворотке крови, снижение pH мочи до 6,0 ($p < 0,05$) по отношению к таковым в контрольной группе. Эпикутанное воздействие 25%-ного раствора ГЭ-АЛК в дозе 341 мг/кг приводило к увеличению активности АЛТ в сыворотке крови белых крыс на 29,6 % ($p < 0,05$). При снижении уровня воздействия ГЭ-АЛК до 75 мг/кг (5%-ный раствор) изменения биохимических показателей не выявлены.

Проведение регламентации нового регулятора роста растений требует определения его влияния на репродуктивную функцию и изучение мутагенного действия [5].

Однократное внутрижелудочное введение препарата самкам белых крыс в дозе 1/2 DL₅₀ (3900 мг/кг) в периоды интенсивного органогенеза вызывало клинические проявления инток-

сикации, однако гибели эмбрионов и признаков тератогенного действия не обнаружено. Преплантационная смертность у экспериментальных животных выражена незначительно. Постимплантационная смертность в опытных группах и контроле отсутствует. Для процессов постнатального развития наиболее критичным оказалось воздействие препарата на 9-й день беременности, о чем свидетельствует отставание физического развития крысят на 13 % по массе и на 5 % по длине тела ($p < 0,05$). Полученные данные указывают на умеренную репродуктивную токсичность ГЭ-АЛК. При многократном воздействии в течение всей беременности в дозе, кратной $1/40 \text{ DL}_{50}$ (195 мг/кг), изучаемое соединение не проявляет эмбриотропного и тератогенного действия, не оказывает отрицательного влияния на постнатальное развитие потомства.

В условиях субхронического внутрижелудочного введения самцам белых крыс в дозе 440 мг/кг ($1/20 \text{ DL}_{50}$) ГЭ-АЛК проявляет слабое гонадотоксическое действие по морфофункциональным показателям гонад, что выражалось увеличением ОКМ семенников на 12 % ($p < 0,05$) и снижением времени движения сперматозоидов в 1,6 раза ($p < 0,05$) по отношению к контролю. При снижении вводимой дозы до 110 мг/кг указанные изменения отсутствовали.

Таким образом, эмбриотропный и гонадотропный эффекты воздействия зарегистрированы только на фоне поступления массивных доз препарата, приводящих к интоксикации родительских организмов, что позволяет рассматривать изменения в показателях репродуктивной системы как признаки проявления общетоксического действия ГЭ-АЛК [9].

Потенциальной мутагенной активности ГЭ-АЛК в концентрациях 1 и 10 мкг/мл в тесте Эймса на штамме *S. typhimurium TA 100* в условиях с метаболической активацией и без нее не установлено, как и в цитогенетическом тесте на периферических лимфоцитах человека *in vitro* при уровнях воздействия 0,05, 0,1 и 0,25 мг/мл [1].

Для выявления механизма токсического действия ГЭ-АЛК изучено состояние детоксикационной монооксигеназной системы печени белых крыс при субхроническом внутрижелудочном введении дозы 440 мг/кг. Установлено достоверное увеличение удельного содержания цитохрома P450 в 1,4 раза и увеличение удельной активности P450-редуктазы в 1,5 раза, при этом максимальная скорость V_{max} и константа Михаэлиса–Ментен K_m реакций окисления 7-это-

ксикумарина и 7-этоксирезорфурина не отличались от контрольных. Следует отметить повышение у подопытных животных уровня удельного содержания цитохрома P420 в 3,0 раза по сравнению с контрольным ($p < 0,05$), что может указывать на способность изучаемого препарата дестабилизировать мембраны эндоплазматического ретикулума.

Результаты проведенных *in vitro* опытов на культурах ЭФЧ и А-549 показали, что ГЭ-АЛК в концентрации $2 \cdot 10^{-3}$ моль·л⁻¹ приводит к дегенерации монослоя с отделением клеток от стекла. В концентрации $2 \cdot 10^{-4}$ моль·л⁻¹ препарат подавляет пролиферацию клеток ЭФЧ в 2,8 раза, клеток А-549 в 6,3 раза по сравнению с контрольными данными. В опытах с уровнем воздействия $2 \cdot 10^{-5}$ моль·л⁻¹ ГЭ-АЛК не наблюдали существенного влияния препарата на пролиферативную активность исследуемых культур: за время опыта количество клеток ЭФЧ увеличилось в 16 раз, а клеток линии А-549 – в 26 раз по сравнению с исходным состоянием до внесения препарата, что соответствует пределам нормального роста данных линий в условиях *in vitro*. Рассчитанная величина среднеэффективной концентрации цитотоксического действия CL_{50} составляет для культуры ЭФЧ $1,14 \cdot 10^{-4}$ ($1,08 \cdot 10^{-4} \div 1,21 \cdot 10^{-4}$) моль·л⁻¹, для культуры А-549 – $0,5 \cdot 10^{-4}$ ($0,48 \cdot 10^{-4} \div 0,54 \cdot 10^{-4}$) моль·л⁻¹.

В диапазоне реализации цитотоксического действия изучено влияние данного соединения на структурно-функциональные показатели состояния липидного бислоя *in vitro* при введении флуоресцентного зонда пирена в суспензию теней эритроцитов интактных крыс. Добавление ГЭ-АЛК в концентрациях $2 \cdot 10^{-5}$, $2 \cdot 10^{-4}$, $2 \cdot 10^{-3}$ моль·л⁻¹ приводило к тушению флуоресценции пирена без изменения коэффициента эксимеризации – соотношения между эксимерами F_3 при $\lambda_{эм}$ 475 нм и мономерами F_m при $\lambda_{эм}$ 373 нм, что свидетельствует о дегградации липидного бислоя.

Исследование структурно-функциональных параметров мембран эритроцитов в субхроническом эксперименте *in vivo* на белых крысах указывает на зависимое от воздействия ГЭ-АЛК в дозе 440 мг/кг снижение микровязкости липидного бислоя и аннулярного (прибелкового) липида, о чем свидетельствует увеличение коэффициентов эксимеризации, при этом показатели их полярности оставались в пределах контрольных значений. Исследование интенсивности безызлучательного переноса энергии электронного возбуждения с триптофановых ос-

татков на пирен выявило достоверное снижение данного показателя на 38 % ($p < 0,05$), что указывает на уменьшение погруженности белковых молекул в липидный бислой.

Хроническое внутрижелудочное введение белым крысам ГЭ-АЛК в дозах 110, 30 и 11 мг/кг в течение 6 месяцев не вызывало клинических проявлений интоксикации и гибели. Со стороны нервной системы при дозе 110 мг/кг наблюдали у подопытных животных снижение двигательной активности и величины СПП на 34 % по отношению к контролю ($p < 0,05$). Воздействие ГЭ-АЛК не приводило к изменению биохимических показателей сыворотки крови, в том числе маркерного параметра субхронического воздействия – уровня общего билирубина. О нарушении состояния мочевыводящей системы свидетельствуют достоверное снижение величины показателя водородных ионов мочи (рН 6,2), снижение суточного диуреза в 4,3 раза и клиренса креатинина в 2,6 раза по отношению к контролю.

При хроническом внутрижелудочном введении белым крысам ГЭ-АЛК в дозе 30 мг/кг обнаружено лишь достоверное снижение СПП на 35 %, что позволило определить данный уровень воздействия в качестве порога хронического действия (Lim_{chr}). Таким образом, лимитирующим показателем хронического общетоксического действия ГЭ-АЛК является функциональное состояние нервной системы по изменению СПП.

Проявления токсического действия препарата отсутствовали при дозе 11 мг/кг (максимальная недействующая), что позволило использовать данную величину для расчета допустимой суточной дозы (ДСД) ГЭ-АЛК. Учитывая высококумулятивные свойства соединения, максимальная недействующая доза снижена в 100 раз (коэффициент запаса), что определило величину ДСД на уровне 0,11 мг/кг. Допустимое суточное поступление (ДСП) для человека с учетом ДСД и средней массы 50 кг не должно превышать 5,5 мг/сут (суммарное количество препарата, поступающее из разных сред).

Прогнозные значения ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ) в воздухе рабочей зоны ГЭ-АЛК рассчитывали по формулам, предложенным для всех групп пестицидов [16]. Результаты анализа полученных значений показали, что наиболее низкое расчетное значение гигиенического норматива – 0,8 мг/м³.

ОБУВ ГЭ-АЛК в атмосферном воздухе установлен на уровне 0,01 мг/м³ по расчетам [7], учитывающим молекулярную массу, основные параметры токсичности и величину ОБУВ

в воздухе рабочей зоны. При данной величине ОБУВ в организм человека с атмосферным воздухом может поступить 0,2 мг ГЭ-АЛК, что составит 3,6 % от ДСП для человека.

Для прогноза ориентировочно допустимого уровня (ОДУ) в воде применяли уравнения, отражающие корреляционные связи между этой величиной, установленными токсикологическими параметрами (DL_{50}), нормативами в других объектах окружающей среды (воздух рабочей зоны), физическими константами [6]. Минимальное расчетное значение ОДУ ГЭ-АЛК составило 0,1 мг/дм³. Результаты органолептических исследований воды, содержащей ГЭ-АЛК на уровне минимального расчетного значения, показали, что запах при 20 °С и 60 °С отсутствует.

Ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) ГЭ-АЛК в почве рассчитана по величине ДСД [15] и составляет 0,3 мг/кг. Агротехническое применение препарата для предпосевной обработки семян ячменя, рапса, льна-долгунца при рекомендуемых нормах расхода до 3 г/т (до 150 мг/га) не приведет к превышению установленного ОДК в почве.

Так как препарат предназначен для применения при возделывании ярового ячменя, озимого рапса и льна-долгунца, то выполнено расчетное обоснование максимальных допустимых уровней остаточных количеств (МДУ_{ок}) ГЭ-АЛК в зерне хлебных злаков, рапсе (зерно, масло) и льне (масло).

С пищевым рационом в организм человека может поступить до 70 % остаточных количеств средства защиты растений, обнаруживающегося во всех средах. В этом случае расчетное безопасное поступление ГЭ-АЛК с пищевыми продуктами составит 3,85 мг/чел./сут.

При определении МДУ_{ок} ГЭ-АЛК в зерне хлебных злаков (0,1 мг/кг) и рапса (0,6 мг/кг), масле рапса и льна (0,6 мг/кг) учитывали нормы среднесуточного потребления пищевых продуктов.

Следовательно, возможное суточное поступление ГЭ-АЛК в организм человека с учетом установленных нормативов для различных сред составит: с пищевыми продуктами – 0,11 мг (2 % от ДСП), с водой – 0,3 мг (5,5 % от ДСП), воздухом – 0,2 мг (3,6 % от ДСП), в сумме 11,1 % от ДСП.

Таким образом, по результатам токсикологической оценки обоснован ряд гигиенических регламентов ГЭ-АЛК в среде обитания человека: ОБУВ в воздухе рабочей зоны – 0,8 мг/м³, ОБУВ в атмосферном воздухе – 0,01 мг/м³, ОДУ в воде водоемов – 0,1 мг/дм³, ОДК в поч-

ве – 0,3 мг/кг, ДСД – 0,1 мг/кг, МДУ_{ок} в зерне хлебных злаков – 0,1 мг/кг, рапс (зерно, масло), лен-долгунец (масло) – 0,6 мг/кг.

Выводы. В результате проведения комплексных токсиколого-гигиенических исследований нового регулятора роста растений ГЭ-АЛК при различных режимах, дозах и путях поступления в организм лабораторных животных установлены параметры его токсикометрии, особенности биологического действия, проявляющиеся кожно-резорбтивными, кумулятивными и раздражающими слизистые оболочки свойствами, умеренной репродуктивной токсичностью без существенных признаков гонадотропного, мутагенного и аллергенного действия на организм. Установлено, что токсическое

действие ГЭ-АЛК на организм сопровождается мембранотропными и цитотоксическими эффектами. В хроническом эксперименте определены лимитирующие показатели вредного действия ГЭ-АЛК, на основании которых разработаны допустимая суточная доза для человека и ряд регламентов содержания препарата в объектах окружающей среды (воздух рабочей зоны и атмосферы, вода, почва), продовольственном сырье и пищевых продуктах (зерно хлебных злаков и рапса, рапсовое и льняное масло).

Полученные данные могут рассматриваться как исходные для установления референтных уровней безопасности по критериям допустимого риска для здоровья.

Список литературы

1. Бойко М.М., Власенко Е.К. Изучение мутагенной активности гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты в тестах *in vitro* // Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов / Министерство здравоохранения Респ. Беларусь; Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. – Минск, 2015. – Вып. 25. – Т. 2. – С. 79–82.
2. Владимиров Ю.А., Добрецов Г.Е. Флуоресцентные зонды в исследовании биологических мембран. – М.: Наука, 1980. – 320 с.
3. Влияние инкрустирующих составов на основе гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты на рост и продуктивность растений льна-долгунца (*Linum usitatissimum L.*) / Е.Л. Недведь, А.В. Тумилович, Е.Б. Яронская, М.А. Кисель, И.В. Тростянка, В.И. Долгопалец, А.Н. Ермолович // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: сборник статей международной научной конференции; ред. И.Д. Вологовский [и др.]. – Минск, 2012. – Ч. 2. – С. 65–67.
4. Динерман А.А. Роль загрязнителей окружающей среды в нарушении эмбрионального развития: монография. – М.: Медицина, 1980. – 192 с.
5. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов № 4263-87 / утв. Министерством здравоохранения СССР 13.03.1987 г.; Всесоюзный научно-исследовательский институт гигиены и токсикологии пестицидов, полимеров и пластмасс; сост. Е.А. Антонова [и др.]. – Киев, 1988. – 187 с.
6. Методические указания по применению расчетных и экспресс-экспериментальных методов при гигиеническом нормировании химических соединений в воде водоемов № 1943-78 / утв. зам. гл. санитар. врача СССР 08.12.1978 г. – М.: МЗ СССР, 1979. – 28 с.
7. Методические указания по установлению ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и класса опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест № 11-7-2-97 / утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь 14.03.1997 г. – Минск, 1998. – 27 с.
8. Новый подход к синтезу липофильных эфиров 5-аминолевулиновой кислоты / И.В. Тростянка, В.И. Долгопалец, М.А. Кисель, Ф.А. Лахвич / Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2009. – Т. 53, № 3. – С. 87–89.
9. Особенности влияния гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты на репродуктивные функции белых крыс / Е.К. Власенко, С.И. Сычик, В.А. Стельмах, И.И. Ильюкова, В.А. Грынчак // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2015. – Т. 14, № 3. – С. 83–89.
10. Особенности токсического действия гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты в условиях однократного и многократного внутрижелудочного введения / Е.К. Власенко, С.И. Сычик, В.А. Стельмах, В.А. Грынчак // Токсикологический вестник. – 2015. – № 5. – С. 31–36.
11. Применение инкрустирующих составов на основе гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты для стимуляции роста и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур / Е.Б. Яронская, Н.Г. Аверина, Е.Л. Недведь, А.В. Тумилович, М.А. Кисель, И.В. Тростянка, Л.А. Булавин, И.Г. Бруй, А.Н. Ермолович // Фитогормоны, гуминовые вещества и другие биорациональные пестициды в сельском хозяйстве: сборник материалов 7-й Международной конференции молодых ученых «Radostim 2011». – Минск, 2011. – С. 193–194.
12. Стимуляция роста и развития растений ячменя липофильными эфирами 5-аминолевулиновой кислоты / С.Г. Спивак, Е.Б. Яронская, И.В. Вершиловская, В.Ю. Давыдов, И.В. Тростянка, В.И. Долгопалец, Н.Г. Аверина, М.А. Кисель // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2007. – Т. 51, № 5. – С. 95–99.
13. Токсиколого-гигиеническая оценка регуляторов роста растений: инструкция № 1.1.11-12-210-2003 / А.И. Котеленец [и др.] // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии / под общ. ред. В.П. Филонова, С.М. Соколова. – Минск: ПЧУП «Бизнесофсет», 2004. – Ч. 14. – С. 63–117.

14. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция № 1.1.11–12–35–2004 / утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь 14.12.2004 г. – Минск, 2004. – 43 с.

15. Ускоренное гигиеническое регламентирование экзогенных химических веществ в почве: методические рекомендации № 127-0010 / утв. главным гос. санитар. врачом Республики Беларусь 13.11.2000 г.; сост. А.Н. Котелелец [и др.]. – Минск: Белорусский научно-исследовательский санитарно-гигиенический институт, 2000. – 52 с.

16. Экспериментальное обоснование и расчет ОБУВ вредных веществ в воздухе рабочей зоны: метод-рекламации № 118-0010 / утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь 13.10.2000 г. – Минск, 2010. – 33 с.

17. Ames B.N., McCann J., Yamasaki E. Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella/mammalian* microsome mutagenicity test // *Mutat. Res.* – 1975. – Vol. 3, № 1. – P. 347–364.

18. Chromosome preparations of leukocytes cultured from human peripheral blood / P.S. Moorhead [et al.] // *Exp. Cell. Res.* – 1960. – Vol. 20. – P. 613–616.

19. Hayflick L., Moorhead P.S. The serial cultivation of human diploid cell strains // *Exp. Cell Res.* – 1961. – Vol. 25. – P. 585–621.

20. Hoeven T.A., Coon M.J. Preparation and properties of partially purified cytochrome P-450 and reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate-cytochrome P-450 reductase from rabbit liver microsomes // *The J. of Biol. Chem.* – 1974. – Vol. 249, № 19. – P. 6302–6310.

Власенко Е.К. Особенности токсического действия гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты и обоснование регламентов его безопасного производства и применения // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 118–126. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.14

UDC 615.9:[577.175.1.08:631.811.98]:613.26

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.14.eng

PECULIARITIES OF TOXIC EFFECTS EXERTED BY HEXYL ETHER OF 5-AMINOLEVULINIC ACID AND GROUNDS FOR WORKING OUR REGULATIONS OF ITS SAFE PRODUCTION AND APPLICATION

E.K. Vlasenko

Scientific-practical Hygiene Center, 8 Akademicheskaya Str., Minsk, 220012, Republic of Belarus

Our research object was hexyl ether of 5-aminolevulinic acid applied as plants growth regulator which was synthesized with an original technology by Bioorganic Chemistry Institute of Belarus National Academy of science. Our research goal was to determine peculiarities of toxic effects exerted by this new plants protector on experimental models in vivo/in vitro and to give grounds for hygienic standards of its contents in various media which were to provide its safe production and application. We conducted our research with the use of toxicological, physiological, hematological, biochemical, immunologic, cytogenetic, cytological, and statistical methods. We were the first to perform toxicological assessment of this new plants growth regulator under different regimes, doses and ways of introduction into laboratory animals' bodies and it helped us to detect its toxicometric parameters and peculiarities of its biological effects which became apparent through skin-resorptive and cumulative properties, irritating impacts on mucous tunics, moderate reproductive toxicity without substantial signs of gonadotropic, mutagenic, and allergenic impacts on a body. We detected that toxic impacts exerted by the examined substance on a body was combined with membrane-tropic and cytotoxic effects. We determined criteria and limiting parameters of hazardous effects exerted by hexyl ether of 5-aminolevulinic acid in the course of a chronic experiment, and it gave us grounds for fixing allowable daily dose for a man and for working out a number of regulations on the substance contents in environmental objects (working area air, water, and soil), in food raw materials, and in food products (grain, rape, rape and linen oil). The obtained results were used as a basis for fixing 9 hygienic standards and were used for the state registration of this plant growth regulator; it will provide its safe production and application in agriculture.

Key words: hexyl ether of 5-aminolevulinic acid, plants growth regulators, toxicity, danger, biological effects, laboratory animals, cells cultures, hygienic standards.

© Vlasenko E.K., 2017

Evgeniy K. Vlasenko – researcher at preventive and ecological toxicology laboratory (e-mail: evgenii_vlasenko@mail.ru; tel.: +7 (017) 284-13-96).

References

1. Boiko M.M., Vlasenko E.K. Izuchenie mutagennoi aktivnosti geksilovogo efira 5-aminolevulinovoi kisloty v testakh in vitro [Studying mutagenic activity of hexyl ether of 5-aminolevulinic acid via in vitro tests]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: sbornik nauchnykh trudov*. In: S.I. Sychik ed. Minsk, 2015, vol. 2, pp. 79–82 (in Russian).
2. Vladimirov Yu.A., Dobretsov G.E. Fluorescentnye zondy v issledovanii biologicheskikh membrane [Fluorescent probes in biological membranes studies]. Moscow, Nauka, Publ., 1980, 320 p. (in Russian).
3. Nedved' E.L., Tumilovich A.V., Yaronkaya E.B., Kisel' M.A., Trostyanko I.V., Dolgopalets V.I., Ermolovich A.N. Vliyanie inkrustiruyushchikh sostavov na osnove geksilovogo efira 5-aminolevulinovoi kisloty na rost i produktivnost' rastenii l'na-dolguntsa (*Linum usitatissimum L.*) [Influence exerted by incrusting compounds on the basis of hexyl ether of 5-aminolevulinic acid on fiber flax plants (*Linum usitatissimum L.*) growth and productivity]. *Molekulyarnye, membrannye i kletochnye osnovy funktsionirovaniya biosistem: sbornik statei mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii [Molecular, membrane and cellular grounds of biological systems functioning: a collection of papers from an international scientific conference]*. In: I.D. Volotovskii [et al.] eds. Minsk, 2012, part 2, pp. 65–67 (in Russian).
4. Dinerman A.A. Rol' zagryaznitelei okruzhayushchei sredy v narushenii embrional'nogo razvitiya: monografiya [Contribution made by environment contaminants into embryo development disorders: a monograph]. Moscow, Meditsina Publ., 1980, 192 p. (in Russian).
5. Metodicheskie ukazaniya po gigienicheskoi otsenke novykh pestitsidov № 4263-87: utv. Ministerstvom zdavookhraneniya SSSR 13.03.1987 [Methodical guidelines on hygienic assessment of new pesticides No. 4263-87: approved by the USSR Public healthcare Ministry on March 13, 1987]. In: E.A. Antonova [et al.] eds. Kiev, 1988, 187 p. (in Russian).
6. Metodicheskie ukazaniya po primeneniyu raschetnykh i ekspres-eksperimental'nykh metodov pri gigienicheskom normirovanii khimicheskikh soedinenii v vode vodoemov № 1943-78: utv. zam. gl. sanit. vracha SSSR 08.12.1978 [Methodical guidelines on application of calculation and express-experimental techniques in hygienic standardization of chemicals contents in reservoirs water No. 1943-78: approved by deputy to Chief sanitary inspector of the USSR on December 08, 1978]. Moscow, MZ SSSR, Publ., 1979, 28 p. (in Russian).
7. Metodicheskie ukazaniya po ustanovleniyu orientirovochno bezopasnykh urovnei vozdeystviya (OBUV) i klassa opasnosti zagryaznyayushchikh veshchestv v at-mosfernom vozduke naseleennykh mest № 11-7-2-97: utv. Ministerstvom zdavookhraneniya Respubliki Belarus' 14.03.1997 [Methodical guidelines on determining tentatively safe impacts levels and danger category of air contaminants in settlements No. 11-7-2-97: approved by Belarus Public Healthcare Ministry on March 14, 1997]. Minsk, 1998, 27 p. (in Russian).
8. Trostyanko I.V., Dolgopalets V.I., Kisel' M.A., Lakhvich F.A. Novyi podkhod k sintezu lipofil'nykh efirov 5-aminolevulinovoi kisloty [A new approach to synthesizing lipophilic ethers of 5-aminolevulinic acid]. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi*, 2009, vol. 53, no. 3, pp. 87–89 (in Russian).
9. Vlasenko E.K., Sychik S.I., Stel'makh V.A., Il'yukova I.I., Grynychak V.A. Osobennosti vliyaniya geksilovogo efira 5-aminolevulinovoi kisloty na reproduktivnye funktsii belykh krysov [The peculiarities of hexyl ester of 5-aminolevulinic acid influence on the reproductive functions of white rats]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2015, vol. 14, no. 3, pp. 83–89 (in Russian).
10. Vlasenko E.K., Sychik S.I., Stel'makh V.A., Grynychak V.A. Osobennosti toksicheskogo deystviya geksilovogo efira 5-aminolevulinovoi kisloty v usloviyakh odno- i mnogokratnogo vnutrizheludochnogo vvedeniya [Features of toxic effect of 5-aminolevulinic acid hexyl ester at single and multiple intragastric administrations]. *Toksikologicheskii vestnik*, 2015, no. 5, pp. 31–36 (in Russian).
11. Yaronkaya E.B., N Averina.G., Nedved'E.L., Tumilovich A.V., Kisel' M.A., Trostyanko I.V., Bulavin L.A., Brui I.G., Ermolovich A.N. Primenenie inkrustiruyushchikh sostavov na osnove geksilovogo efira 5-aminolevulinovoi kisloty dlya stimulyatsii rosta i povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Application of incrusting compounds on the basis of hexyl ether of 5-aminolevulinic acid for growth stimulation and increase in agriculture productivity]. *Fitogormony, guminovye veshchestva i drugie bioratsional'nye pestitsidy v sel'skom khozyaistve: sbornik materialov 7-i mezhdunarodnoi konferentsii molodykh uchenykh «Radostim 2011» [Phyto-hormones, humic substances and other biorational pesticides in agriculture: materials of the 7-th international conference of young scientists «Radostim 2011»]*. Minsk, 2011, pp.193–194 (in Russian).
12. Spivak S.G., Yaronkaya E.B., Vershilovskaya I.V., Davydov V.Yu., Trostyanko I.V., Dolgopalets V.I., Averina N.G., Kisel' M.A. Stimulyatsiya rosta i razvitiya rastenii yachmenya lipofil'nymi efirami 5-aminolevulinovoi kisloty [Stimulation of barley growth and development with lipophilic ethers of 5-aminolevulinic acid]. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi*, 2007, vol. 51, no. 5, pp. 95–99 (in Russian).
13. Kotelenets A.I. [et al.]. Toksikologo-gigienicheskaya otsenka regulyatorov rosta rastenii: instruktsiya № 1.1.11-12-210-2003 [Toxicological and hygienic assessment of plants growth regulators: instruction No. 1.1.11-12-210-2003]. *Sbornik ofitsial'nykh dokumentov po meditsine truda i proizvodstvennoi sanitaria*. In: V.P. Filonov, S.M. Sokolov, eds. Minsk, PChUP "Biznesofset", Publ., 2004, part 14, pp. 63–117 (in Russian).

14. Trebovaniya k postanovke eksperimental'nykh issledovaniy dlya pervichnoi toksikologicheskoi otsenki i gigenicheskoi reglamentatsii veshchestv: instruktsiya № 1.1.11–12–35–2004; utv. Ministerstvom zdavookhraneniya Respubliki Belarus' 14.12.2004 [Requirements to experimental research procedures for primary toxicological assessment and hygienic standardization of substances: Instruction No. 1.1.11–12–35–2004; approved by Belarus Public Healthcare Ministry on December 14, 2004]. Minsk, 2004, 43 p. (in Russian).

15. Uskorennoe gigenicheskoe reglamentirovanie ekzogenykh khimiche-skikh veshchestv v pochve: metodicheskie rekomendatsii; utv. glavnym gos. sanitar. vrachom Respubliki Belarus' 13.11.2000 № 127-0010 [Accelerated hygienic standardization of exogenous chemicals in soils: methodical guidelines; approved by Chief sanitary inspector of Belarus on November 13, 2000 No. 127-0010]. Minsk, Belorusskii nauchno-issledovatel'skii sanitarno-gigenicheskii institute, Publ., 2000, 52 p. (in Russian).

16. Eksperimental'noe obosnovanie i raschet OBUV vrednykh veshchestv v vozdukh rabochei zony: metodreklomendatsii № 118-0010; utv. Ministerstvom zdavookhraneniya Respubliki Belarus' 13.10.2000 [Experimental grounds and calculation of tentatively safe impacts by hazardous substances in working area air: methodical guidelines No. 118-0010; approved by Belarus Public Healthcare Ministry on October 13, 2000]. Minsk, 2010, 33 p.

17. Ames B.N., McCann J., Yamasaki E. Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella*; mammalian microsome mutagenicity test. *Mutat. Res.*, 1975, vol. 3, no. 1, pp. 347–364.

18. Moorhead P.S. [et al.] Chromosome preparations of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Exp. Cell. Res.*, 1960, vol. 20, pp. 613–616.

19. Hayflick L., Moorhead P.S. The serial cultivation of human diploid cell strains. *Exp. Cell. Res.*, 1961, vol. 25, pp. 585–621.

20. Hoeven T.A., Coon M.J. Preparation and properties of partially purified cytochrome P-450 and reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate-cytochrome P-450 reductase from rabbit liver microsomes. *The J. of Biol. Chem.*, 1974, vol. 249, no. 19, pp. 6302–6310.

Vlasenko E.K. Peculiarities of toxic effects exerted by hexyl ether of 5-aminolevulinic acid and grounds for working our regulations of its safe production and application. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 118–126. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.14.eng

Получена: 22.12.2016

Принята: 20.02.2017

Опубликована: 30.06.2017

УДК 612.017.3: 615.9-099]: 576.8
DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.15

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ МИКРООРГАНИЗМОВ-ПРОДУЦЕНТОВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ КАК ФАКТОРА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н.В. Дудчик, В.А. Филонюк, В.В. Шевляков, С.И. Сычик, О.Е. Нежвинская

Научно-практический центр гигиены, Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 8

*Научное обоснование и практика гигиенического и экологического нормирования биологических факторов среды обитания имеют ряд принципиальных особенностей и в методическом плане разработаны меньше, чем нормирование химических факторов. Эффективный производственный контроль предельно допустимых концентраций нормированных микроорганизмов-продуцентов в воздухе рабочей зоны основан на использовании валидированных инструментальных методов количественной оценки. Целью работы являлось экспериментальное моделирование аэрозолей микроорганизмов-продуцентов многокомпонентного микробного препарата в воздухе рабочей зоны как фактора риска воздействия на здоровье работников биотехнологического производства, а также разработка методики выполнения измерений в воздухе рабочей зоны концентрации *Pseudomonas aurantiaca* B-162/255.17, клеток и спор штамма *Bacillus* sp. BV58-3. Обоснована технология количественного определения микроорганизмов-продуцентов в воздухе рабочей зоны в модельном эксперименте, основанная на классических этапах и приемах микробиологической практики: отбор проб воздуха аспирационным способом с учетом отобранного объема, культивирование в оптимальных для изучаемых микроорганизмов-продуцентов условиях на питательной среде приведенного состава, подсчет сформированных колоний с характерными морфологическими признаками, морфологическая идентификация микроорганизмов и колоний, расчет количества микроорганизмов на чашках с перерасчетом на 1 м³ воздуха. На основании установленных закономерных концентрационных зависимостей динамики микробной контаминации в воздушной среде разработана методика количественного определения микроорганизмов-продуцентов, выполнена метрологическая оценка операционных характеристик для оценки микроорганизмов-продуцентов многокомпонентного микробного препарата как фактора риска воздействия на здоровье работников биотехнологического производства. Проведена валидация методики выполнения измерений в соответствии с требованиями Международной организации по стандартизации (ИСО).*

Ключевые слова: биологический фактор, модельный эксперимент, микроорганизмы-продуценты, многокомпонентные микробные препараты, методики выполнения измерений, концентрация микроорганизмов-продуцентов, воздух рабочей зоны, операционные характеристики, гигиенические нормативы, биотехнологическое производство.

Развитие биотехнологической промышленности, относящейся к высокотехнологичным V и VI укладам экономики, соответствует национальным интересам и долгосрочным целям устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь [4]. Основные направления промышленной и медицинской биотехнологии основаны на использовании различных родов, видов, штаммов и серотипов природных или мутантных, в том числе полученных методом геной инженерии, микроорганизмов в

качестве пробиотических пищевых препаратов, продуцентов белка, биологически активных веществ и ферментов (амилолитические, протеолитические, пектинолитические, целлюлолитические, антибиотики разных классов, аминокислоты, витамины и другие), микробиологических препаратов для биологической защиты и повышения урожайности сельскохозяйственных культур и др. [15–19]. Однако в процессе использования микроорганизмов-продуцентов (МО) и микробных препаратов на их основе

© Дудчик Н.В., Филонюк В.А., Шевляков В.В., Сычик С.И., Нежвинская О.Е., 2017

Дудчик Наталья Владимировна – доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией микробиологии (e-mail: n_dudchik@mail.ru; тел.: +375 17 284-13-85, 8 (029) 565-12-34, 8 (029) 180-53-26).

Филонюк Василий Алексеевич – кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной токсикологии (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

Шевляков Виталий Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории промышленной токсикологии (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

Сычик Сергей Иванович – кандидат медицинских наук, доцент, директор (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

Нежвинская Ольга Евгеньевна – младший научный сотрудник лаборатории микробиологии (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

(МП) возможно загрязнение ими производственной среды, выделение в воздух рабочей зоны и атмосферы веществ с вредным воздействием на здоровье работников и населения [2, 3, 6, 9, 12, 13, 14]. В промышленных условиях наличие МО в воздухе рабочей зоны, непосредственный контакт с микробными аэрозолями в процессе использования могут являться факторами риска здоровью работников биотехнологических производств, поскольку промышленные штаммы МО малопатогенны, но обладают сильной или выраженной сенсибилизирующей способностью (1–2-й класс аллергенной опасности) [13, 14].

Поэтому актуальным и практически значимым является изучение свойств микроорганизмов и оценка опасности и вероятности неблагоприятных для здоровья человека последствий производства биотехнологической продукции, содержащей жизнеспособные клетки и их структурные элементы, эффективная медицинская профилактика их вредного действия, гигиеническое нормирование и контроль за их содержанием в объектах среды обитания человека. Научное обоснование и практика гигиенического и экологического нормирования биологических факторов среды обитания имеют ряд принципиальных особенностей и в методическом плане разработаны меньше, чем химических факторов. В Республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь разработана методология и методов гигиенического регламентирования и нормирования МО и МП как биологических факторов среды обитания человека является одним из ведущих научных направлений, сформирована научная школа в данном, как мы считаем, перспективном, направлении профилактической медицины. В результате выполненных комплексных токсиколого-гигиенических исследований проведено гигиеническое регламентирование более 100 МО и МП, установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны 12 новых одно- и многокомпонентных МП [1, 3, 5–8, 10, 11].

Эффективный производственный контроль ПДК нормированных МО и МП в воздухе рабочей зоны основан на использовании валидированных инструментальных методов количественной оценки.

Разработка стандартизованных и валидированных методик выполнения измерений (МВИ) концентраций МП и МО в воздухе рабочей зоны представляет собой достаточно сложную анали-

тическую задачу, так как экспериментальное моделирование микробных аэрозолей включает оптимизацию всех параметров инструментального метода (условий отбора проб воздуха при различной микробной нагрузке, культивирования и идентификации МО и др.), определение аналитических характеристик, связанных со специфичностью и селективностью, концентрационных зависимостей и пределов чувствительности разрабатываемого метода. Методические приемы и алгоритмы расчета операционных характеристик разработаны для таких матриц, как водные среды, пищевые продукты, и отсутствуют для оценки метрологических параметров измерений биологического фактора воздушной среды [6, 7].

Целью работы являлось экспериментальное моделирование аэрозолей микроорганизмов-продуцентов многокомпонентного микробного препарата в воздухе рабочей зоны как фактора риска воздействия на здоровье работников биотехнологического производства, а также разработка методики выполнения измерений в воздухе рабочей зоны концентрации *Pseudomonas aurantiaca* B-162/255.17, клеток и спор штамма *Bacillus sp.* BB58-3.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся новый МП «Профибакт™-Фито» на основе клеток *Pseudomonas aurantiaca* B-162/255.17, клеток и спор штамма *Bacillus sp.* BB58-3, разработанный государственным научным учреждением «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси».

В работе использовали систему для создания жидких аэрозолей в затравочных камерах объемом 250 л («Спектролаб», РФ); аспиратор SAS SUPER100 (PBI International, Италия), а также стандартное оборудование микробиологических лабораторий. Средства измерений и основное оборудование были должным образом проверены и калиброваны.

В работе использовали селективную среду следующего состава: триптон – 10,0 г; дрожжевой экстракт – 1,0 г; кальций хлористый безводный – 0,02 г; агар микробиологический – 15 г. Для приготовления рабочих разведений МП использовали фосфатный буферный раствор с 0,1%-ным пептоном, рН 7,0. Подтверждение содержания микробных клеток в рабочей культуре проводили путем посева на селективную агаризованную среду приведенного состава. Для оптимизации параметров отбора проб и определения рабочих характеристик детектора (контактные чашки Петри с соответствующей пита-

тельной средой) использовали рабочее разведение 10^6 КОЕ/мл препарата.

На последующих этапах экспериментального моделирования микробного аэрозоля в затравочной камере проводили отбор проб воздуха в диапазоне объемов 10–50 л. Пробы воздуха отбирали аспирационным методом на поверхность агаризованной селективной среды указанного состава в двух повторностях, инкубировали в течение (48 ± 2) ч при $(30 \pm 0,5)$ °С и производили подсчет выросших типичных колоний МО. Оценивали культурально-морфологические особенности сформированных колоний и подсчитывали число типичных колоний.

Расчет концентрации МО, КОЕ/м³, производили по формуле:

$$X = (N \cdot 1000) / V, \quad (1)$$

где X – концентрация микробных клеток и спор в воздухе рабочей зоны; N – количество колоний МО на чашке; 1000 – коэффициент пересчета на 1 м³ воздуха; V – объем отобранной пробы воздуха, дм³.

Результаты и их обсуждение. МО родов *Bacillus* и *Pseudomonas* применяются для биологического стимулирования роста и развития сельскохозяйственных культур, а также в качестве средства биологической защиты (табл. 1).

Гигиенические нормативы содержания в воздухе рабочей зоны (ПДК) установлены для МП на уровне 5000 КОЕ (микробных клеток)/м³ по *Pseudomonas aurantiaca* В-162/255.17 и *Bacillus sp.* ВВ58-3, IV класс опасности [8].

Разработанная технология количественного определения МО в воздухе рабочей зоны в модельном эксперименте основана на классических этапах и приемах микробиологической

практики: отбор проб воздуха аспирационным способом с учетом отобранного объема, культивирование в оптимальных для изучаемых МО условиях на питательной среде приведенного состава, подсчет сформированных колоний с характерными морфологическими признаками, морфологическая идентификация микроорганизмов и колоний, расчет количества микроорганизмов на чашках с перерасчетом на 1 м³ воздуха.

На созданной модели распыления в затравочных камерах объемом 250 л установки ингаляционного моделирования жидких аэрозолей отработаны режимы создания диапазона концентраций МО в замкнутом объеме с использованием различных типов распылителей, при разных скоростях подачи на эжекторы и на распылители потока воздуха, экспозициях распыления МП. Оптимизированы параметры аспирационного способа отбора проб воздуха (время и объем) при разных уровнях микробной нагрузки, проведена оптимизация состава сред и режимов культивирования МО с их последующей идентификацией. Полученный массив экспериментальных данных позволил выявить характер и закономерности роста МО в зависимости от концентрации МП в фиксированном объеме затравочной камеры. Характер зависимости между количеством колоний на чашке и отобранном объемом воздуха носил линейный характер и описывался приведенным на рисунке уравнением. Коэффициенты детерминации R^2 находились в диапазоне 0,93–0,96, что свидетельствует о высокой достоверности полученных результатов количественного определения концентраций МО в воздухе рабочей зоны (рисунок).

Таблица 1

Характеристика МП «Профибакт™-Фито»

Источник получения штаммов-продуцентов	Морфологические, культуральные и биохимические признаки штаммов
<i>Bacillus sp.</i> ВВ58-3 получен в результате индуцированного мутагенеза природного штамма, антагонист фитопатогенных грибов, не фитотоксичен, стимулирует рост растений	Неподвижные грамположительные спорообразующие прямые палочки с округлыми концами, размером $0,6 \times 3-4$ мкм. Колонии мелкие (1,0–3,0 мм) округлые, плосковыпуклые с ровными лопастными краями, кремового цвета, непрозрачные, с неоднородной внутренней структурой. Каталазоположительны, термоустойчивы, облигатный аэроб, обладает протеолитической и амилитической активностью
<i>Pseudomonas aurantiaca</i> В-162/255.17 – получен путем многоступенчатого мутагенеза природного штамма	Подвижные, грамотрицательные, прямые палочки с округлыми концами, размером $0,6 \times 2-3$ мкм, с 2–4 монополярными жгутиками. Гладкие, плоские, круглые с ровными краями колонии размером 2–3 мм, желтовато-оранжевого цвета, с однородной внутренней структурой, облигатный аэроб, синтезируют антибиотики феназинового ряда. В качестве азота утилизирует соли аммония, мочевины и нитраты

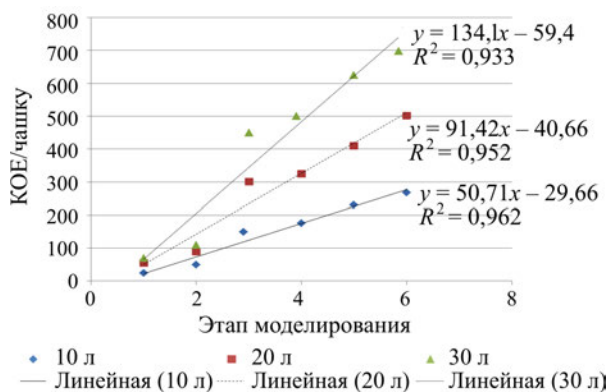


Рис. Динамика роста штаммов-продуцентов *Pseudomonas aurantiaca* B-162/255.17 и *Bacillus sp.* BB58-3 в модельном эксперименте

Операционные характеристики для проведения метрологической аттестации МВИ были оценены в соответствии с требованиями Меж-

дународной организации по стандартизации (ИСО): определение показателей прецизионности (повторяемость и промежуточная прецизионность с изменяющимся фактором «оператор»), расширенной неопределенности и иных операционных характеристик, а также присущих для оценки биологических факторов показателей специфичности, чувствительности, частоты ложноположительных и ложноотрицательных результатов и др. [8, 11]. На основе массива данных, полученных в модельном эксперименте, были оценены операционные характеристики методов, проведена метрологическая аттестация и утверждены МВИ концентрации МО в воздухе рабочей зоны [5]. В табл. 2 представлены метрологические характеристики и показатели специфичности и селективности разработанных методик.

Таблица 2

Метрологические характеристики и показатели специфичности и селективности методики

Метрологические характеристики. Показатели специфичности и селективности	Тип оценки	Значение	
		<i>Pseudomonas aurantiaca</i> B-162/255.1	<i>Bacillus sp.</i> BB58-3
Взвешенное совокупное относительное стандартное отклонение подсчета (S_z)	A	0,052	
Стандартное отклонение повторяемости (S_r)	A	0,012 \log_{10} КОЕ/м ³	
Предел повторяемости (r)	A	0,034 \log_{10} КОЕ/м ³	
Стандартное отклонение промежуточной прецизионности (внутрилабораторной воспроизводимости) ($S_{l(O)}$)	A	0,147 \log_{10} КОЕ/м ³	
Предел промежуточной прецизионности ($r_{l(O)}$)	A	0,41 \log_{10} КОЕ/м ³	
Расширенная неопределенность ($k = 2$) (U)	A	0,30 \log_{10} КОЕ/м ³	
Чувствительность	A	1,0	0,96
Специфичность	A	0,8	0,6
Частота ложноположительных результатов	A	0,038	0,074
Частота ложноотрицательных результатов	A	0	0,25
Селективность	A	1,415	1,431
Эффективность	A	0,97	0,93
Верхний предел линейности	A	Не более 150 типичных колоний на чашку при общем числе колоний не более 300	Не более 150 типичных колоний на чашку при общем числе колоний не более 300

Выводы. В результате выполненного экспериментального моделирования аэрозолей многокомпонентного МП в воздушной среде получены зависимости содержания МО на последовательных этапах эксперимента и разработан количественный метод их оценки. Оценены операционные характеристики метода определения штаммов *Pseudomonas aurantiaca* B-162/255.17 и *Bacillus sp.* BB58-3 в воздушной среде, разработана аттестованная Белорусским государственным институтом метрологии МВИ концентраций МП в воздухе рабочей зоны. Использование МВИ в рам-

ках области аккредитации микробиологических лабораторий обеспечивает объективный санитарно-производственный контроль содержания данных МП в производственной среде на соответствие их ПДК. Научно обоснованные унифицированные подходы разработки МВИ концентраций многокомпонентных МП в воздухе рабочей зоны формализованы в инструкции по применению и позволяют проводить разработку МВИ для новых биопрепаратов в целях их оценки как фактора риска воздействия на здоровье работников биотехнологических производств.

Список литературы

1. Дудчик Н.В., Шевляков В.В. Моделирование биологического действия факторов среды обитания с целью их гигиенической оценки на основе прокариотических тест-моделей // Биологический фактор и микробиологическая диагностика при формировании здорового образа жизни: материалы 12-й Евразийской науч. конференции «Донозология-2016», 15–16 декабря 2016 г. / под общей ред. М.П. Захарченко. – СПб., 2016. – С. 130–133.
2. Изучение безопасности биотехнологических штаммов микроорганизмов с целью их гигиенического нормирования / Е.В. Буданова, Н.И. Шеина, Э.Г. Скрябина, Н.Г. Иванов, А.А. Воробьев, В.В. Зверев // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2010. – № 11. – С. 42–46.
3. К вопросу о гигиеническом нормативе содержания в воздухе рабочей зоны микробного препарата «Стимул» / В.В. Шевляков, В.А. Филонюк, Т.С. Студеничник, Г.И. Эрм, Н.В. Дудчик // Медицинский журнал. – 2013. – № 4. – С. 135–139.
4. Коломиец Э.И., Ракецкая О.А. Состояние и перспективы развития биотехнологии в Республике Беларусь // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник научных трудов. – Минск, 2013. – Т. 5. – С. 3–9.
5. Методика выполнения измерений (МВИ) концентраций клеток штамма *Pseudomonas aurantiaca* В-162/255.17, клеток и спор штамма *Bacillus sp.* ВВ58-3 – продуцентов микробного препарата «ПрофибактМ-Фито»: МВИ.МН 5321-2015: свидетельство об аттестации № 896/2015 от 31.08.2015 г. / разработ.: Н.В. Дудчик, В.В. Шевляков, В.А. Филонюк, О.Е. Нежвинская. – Минск: Белорусский государственный ин-т метрологии, 2015. – 23 с.
6. О методологии гигиенического регламентирования микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов в воздухе рабочей зоны / В.В. Шевляков, В.А. Филонюк, Г.И. Эрм, Е.В. Чернышова, С.А. Ушков, А.В. Буйницкая, Т.С. Студеничник // Медицинский журнал. – 2014. – № 2. – С. 40–53.
7. Обоснование предельно допустимой концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны микробного препарата «Бетапротектин» / В.В. Шевляков, В.А. Филонюк, Т.С. Студеничник, Г.И. Эрм, Н.В. Дудчик // Медицинский журнал. – 2013. – № 2. – С. 123–126.
8. Обоснование предельно допустимых концентраций и методик выполнения измерений содержания в воздухе рабочей зоны микроорганизмов-продуцентов и микробных препаратов на их основе: инструкция по применению № 009–1015 / В.В. Шевляков, В.А. Филонюк, Н.В. Дудчик, Г.И. Эрм, Т.С. Студеничник, Т.О. Козлова, Е.В. Чернышова, Ю.А. Соболев, А.В. Буйницкая, О.Е. Нежвинская, С.А. Янецкая, Л.М. Сычик. – Минск: Научно-практический центр гигиены, 2015. – 30 с.
9. Проблемы и перспективы гигиенического нормирования биотехнологических штаммов микроорганизмов / Ю.П. Пивоваров, Н.И. Шеина, Н.Г. Иванов, В.В. Королик, Э.Г. Скрябина // Гигиена и санитария. – 2010. – № 5. – С. 9–12.
10. Разработка гигиенического норматива и метода контроля содержания в воздухе рабочей зоны комбинированного микробного препарата «ПрофибактTM-Фито» / В.А. Филонюк, В.В. Шевляков, Н.В. Дудчик, Г.И. Эрм, А.А. Ушков // Медицинский журнал. – 2015. – № 4. – С. 128–136.
11. Разработка и валидация методик выполнения измерений содержания однокомпонентных микробных препаратов на основе штаммов-продуцентов родов *Bacillus* и *Pseudomonas* в воздухе рабочей зоны / Н.В. Дудчик [и др.] // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2016. – № 4. – С. 21–29.
12. Сергеюк Н.П., Супрун И.П., Буянов В.В. Токсикология промышленных микроорганизмов. – М.: Институт проблем химической физики РАН, 2003. – 127 с.
13. Соседова Л.М., Рукавишников В.С., Шаяхметов С.Ф. Токсико-гигиенические аспекты оценки риска изолированного и сочетанного воздействия биотехнологических продуктов // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 3. – С. 15–19.
14. Шеина Н.И. Критерии оценки биобезопасности микроорганизмов, используемых в биотехнологической промышленности // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 6. – С. 165–169.
15. Baker M. Ten years of Nature Biotechnology research // Nat. Biotechnology. – 2006. – Vol. 24, № 301. – DOI: 10.1038/nbt0306-301a
16. Barreto de Castro L.A. Graduate programs in Brazil need reevaluation to contribute for innovation in biotechnology [Электронный ресурс] // Biotech. Research and Innovation. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.01.001> (дата обращения: 29.05.2017).
17. Kumar R., Singh O.V. Biotechnological production of gluconic acid: future and implication // Appl. Microbiol. and Biotechnol. – 2007. – Vol. 75, № 4. – P. 713–722.

18. Recent developments and innovations in solid state fermentation [Электронный ресурс] / С.Р. Soccol [et al.] // Biotech. Research and Innovation. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.01.002> (дата обращения: 29.05.2017).

19. The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential / G.G. Fonseca [et al.] // Appl. Microbiology a. Biotechnology. – 2008. – Vol. 79, № 3. – P. 339–354.

Экспериментальное моделирование аэрозолей микроорганизмов-продуцентов в воздухе рабочей зоны как фактора риска воздействия на здоровье работников биотехнологического производства / Н.В. Дудчик, В.А. Филонюк, В.В. Шевляков, С.И. Сычик, О.Е. Нежвинская // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 157–134. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.15

UDC 612.017.3: 615.9-099]: 576.8

DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.15.eng

EXPERIMENTAL MODELING OF AEROSOLS PRODUCED BY MICROORGANISMS IN WORKING AREA AIR AS RISK FACTOR EXERTING HAZARDOUS IMPACTS ON HEALTH OF WORKERS EMPLOYED AT BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION

N.V. Dudchik, V.A. Filonyuk, V.V. Shevlyakov, S.I. Sychik, O.E. Nezhvinskaya

Scientific-practical Hygiene Center, 8 Akademicheskaya Str., Minsk, 220012, Republic of Belarus

*Scientific foundation and practices in the sphere of hygienic and ecological standardization concerning biological factors of the environment have a number of peculiarities and are methodically less developed than chemical factors standardization. Efficient industrial control over maximum permissible concentrations of standardized microorganisms-producers in working area air is based on validated instrumental techniques of quantitative assessment. Our goal was to create experimental models for microorganisms-producers' aerosols of a multi-component microbe specimen in working area air as a risk factor causing impacts on health of workers employed at biotechnological production; another task was to work out a procedure for measuring *Pseudomonas aurantiaca* B-162/255.17 concentration and cells and spores of *Bacillus* sp. BB58-3 strain in working area air. We gave grounds for a technology aimed at quantitative determination of microorganisms-producers in working area air in a modeling experiment; it was based on conventional stages and techniques accepted in microbiological practices, namely air samples taking via aspiration technique allowing for a volume taken; cultivation under conditions which are optimal for examined microorganisms-producers in a nutrient medium with reduced composition; calculation of evolved colonies with specific morphological features; morphologic identification of microorganisms and colonies; calculation of microorganisms' quantity on dishes with recalculation per 1 m³ of air. Basing on the detected regular concentration dependences of microbe contamination dynamics in air we worked out a procedure for quantitative determination of microorganisms-producers; we also performed metrological estimate of operational properties for assessing microorganisms-producers of a multi-component microbe specimen as a risk factor causing hazardous impacts on health of workers employed at biotechnological production. We validated our measuring procedure in conformity with the requirements set forth by ISO.*

Key words: biological factor, modeling experiment, microorganisms-producers, multi-components microbe specimens, working area air, hygienic standards, biotechnological production.

© Dudchik N.V., Filonyuk V.A., Shevlyakov V.V., Sychik S.I., Nezhvinskaya O.E., 2017

Natalia V. Dudchik – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Microbiology Laboratory (e-mail: n_dudchik@mail.ru; тел.: +375 17 284-13-85, +7 (029) 565-12-34, +7 (029) 180-53-26).

Vasily A. Filonyuk – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, leading researcher at Industrial Toxicology Laboratory, (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

Vitaliy V. Shevlyakov – Doctor of Medical Sciences, Professor Chief researcher at Industrial Toxicology Laboratory (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

Sergei I. Sychik – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Director (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

Ol'ga E. Nezhvinskaya – Junior researcher at Microbiology Laboratory (e-mail: rspch@rspch.by; тел.: +375 17 284-08-67).

References

1. Dudchik N.V., Shevlyakov V.V. Modelirovanie biologicheskogo deistviya faktorov sredy obitaniya s tsel'yu ikh gigienicheskoi otsenki na osnove prokarioticheskikh test-modelei [Modeling of biological impacts by environmental factors in order to perform their hygienic assessment on the basis of procaryotic test-models]. *Biologicheskii faktor i mikrobiologicheskaya diagnostika pri formirovanii zdorovogo obraza zhizni: materialy 12-i Evraziiskoi nauch. konferentsii «Donozologiya-2016» 15–16 dekabrya 2016 g.* [Biological factor and microbiological diagnostics when creating healthy lifestyle: amerials of the 12th Eurasian scientific conference «Pre-nosology 2016» December 15-16 2016.]. In: M.P. Zakharchenko, ed. St. Petersburg, 2016, pp. 130–133 (in Russian).
2. Budanova E.V., Sheina N.I., Skryabina E.G., Ivanov N.G., Vorob'ev A.A., Zverev V.V. Izuchenie bezopasnosti biotekhnologicheskikh shtammov mikroorganizmov s tsel'yu ikh gigienicheskogo normirovaniya [Comparative studies of microbial strains used in biotechnology for the elaboration of biosafety standards]. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2010, no. 11, pp. 42–46 (in Russian).
3. Shevlyakov V.V., Filanyuk V.A., Studenichnik T.S., Erm G.I., Dudchik N.V. K voprosu o gigienicheskom normative sodержaniya v vozdukhе rabochei zony mikrobnogo preparata Stimul [Hygienic regulations of the microbial medication “Stimul” content in the working area air]. *Meditsinskii zhurnal*, 2013, no. 4, pp. 135–139 (in Russian).
4. Kolomiets E.I., Raket'skaya O.A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya biotekhnologii v Respublike Belarus' [Development of biotechnologies in Belarus: contemporary state and prospects]. *Mikrobnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty: sbornik nauchnykh trudov* [Microbe biotechnologies: fundamental and applied aspects: collection of scientific papers]. Minsk, 2013, vol. 5, pp. 3–9 (in Russian).
5. Metodika vypolneniya izmerenii (MVI) kontsentratsii kletok shtamma *Pseudomonas aurantiaca* V-162/255.17, kletok i spor shtamma *Bacillus* sp. BB58-3 – produtsentov mikrobnogo preparata «Profibaktm-Fito»: MVI.MN 5321-2015 : svidetel'stvo ob attestatsii № 896/2015 ot 31.08.2015 g. [Measuring procedure for *Pseudomonas aurantiaca* B-162/255.17 strain cells concentration, *Bacillus* sp. BB58-3 strain cells and spores as producers of microbe specimen «Profibaktm-Fito»: МВИ.МН 5321-2015 : certificate No. 896/2015 issued on August 31, 2015]. created by: N.V. Dudchik, V.V. Shevlyakov, V.A. Filonyuk, O.E. Nezhvinskaya. Minsk, Belorusskii gosudarstvennyi institute metrologii, Publ., 2015, 23 p. (in Russian).
6. Shevlyakov V.V., Filonyuk V.A., Erm G.I., Chernyshova E.V., Ushkov S.A., Buinitskaya A.V., Studenichnik T.S. O metodologii gigienicheskogo reglamentirovaniya mikroorganizmov-produtsentov i mikrobnokh preparatov v vozdukhе rabochei zony [On the methodology of hygienic regulation of microorganisms-producers and microbial compositions in the workplace air]. *Meditsinskii zhurnal*, 2014, no. 2, pp. 40–53 (in Russian).
7. Shevlyakov V.V., Filonyuk V.A., Studenichnik T.S., G Erm.I., Dudchik N.V. Obosnovanie predel'no dopustimoi kontsentratsii (PDK) v vozdukhе rabochei zony mikrobnogo preparata Betaprotektin [Substantiation of the maximum allowable concentration (MAC) in the working area's air of the microbial medication Betaprotectine]. *Meditsinskii zhurnal*, 2013, no. 2, pp. 123–126. (in Russian).
8. Shevlyakov V.V., Filonyuk V.A., Dudchik N.V., Erm G.I., Studenichnik T.S., Kozlova T.O., Chernyshova E.V., Sobol' Yu.A., Buinitskaya A.V., Nezhvinskaya O.E., Yanetskaya S.A., Sychik L.M. Obosnovanie predel'no dopustimyykh kontsentratsii i metodik vypolneniya izmerenii sodержaniya v vozdukhе rabochei zony mikroorganizmov-produtsentov i mikrobnokh preparatov na ikh osnove: instruktsiya po primeneniyu № 009-1015 [Foundation of maximum permissible concentrations in working area air and measuring techniques for microorganisms-producers and microbe specimen based on them: application instruction no. 009-1015]. Minsk, Nauchno-prakticheskii tsentr gigieny, 2015, 30 p. (in Russian).
9. Pivovarov Yu.P., Sheina N.I., Ivanov N.G., Korolik V.V., Skryabina E.G. Problemy i perspektivy gigienicheskogo normirovaniya biotekhnologicheskikh shtammov mikroorganizmov [Problems and perspectives in the hygienic regulation of biotechnological strains of microorganisms]. *Gigiena i sanitariya*, 2010, no. 5, pp. 9–12 (in Russian).
10. Filonyuk V.A., Shevlyakov V.V., Dudchik N.V., Erm G.I., Ushkov A.A. Razrabotka gigienicheskogo normativa i metoda kontrolya sodержaniya v vozdukhе rabochei zony kombinirovannogo mikrobnogo preparata «ProfibaktTM-Fito» [Development of hygienic standard and the method of control of a content in the air of working area of the combined microbial product «Profibakt-Fito»]. *Meditsinskii zhurnal*, 2015, no. 4, pp. 128–136 (in Russian).
11. Dudchik N.V. [et al.]. Razrabotka i validatsiya metodik vypolneniya izmerenii sodержaniya odnokomponentnykh mikrobnokh preparatov na osnove shtammov-produtsentov rodov *Bacillus* i *Pseudomonas* v vozdukhе rabochei zony [Creation and validation of procedures for measuring one-component microbe specimen content on the basis of strain-producers of *Bacillus* and *Pseudomonas* stems in working area air]. *Aktual'nye problemy transportnoi meditsiny*, 2016, no. 4, pp. 21–29. (in Russian).

12. Sergeyuk N.P., Suprun I.P., Buyanov V.V. Toksikologiya promyshlennykh mikroorganizmov [Industrial microorganisms toxicology]. Moscow, Institut problem khimicheskoi fiziki RAN, Publ., 2003, 127 p. (in Russian).

13. Sosedova L.M., Rukavishnikov V.S., Shayakhmetov S.F. Toksiko-gigienicheskie aspekty otsenki riska izolirovannogo i sochetannogo vozdeistviya biotekhnologicheskikh produktov [Toxicologic and hygienic aspects in evaluating the risk due to isolated and combined action of biotechnologic products]. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2003, no. 3, pp. 15–19 (in Russian).

14. Sheina N.I. Kriterii otsenki biobezопасnosti mikroorganizmov, ispol'zuemykh v biotekhnologicheskoi promyshlennosti [Assessment criteria for biological safety of microorganisms applied in biotechnological industry]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, no. 6, pp. 165–169.

15. Baker M. Ten years of Nature Biotechnology research. *Nat. Biotechnology*, 2006, vol.24, no.301. DOI: 10.1038/nbt0306-301a

16. Barreto de Castro L.A. Graduate programs in Brazil need reevaluation to contribute for innovation in biotechnology. *Biotech. Research and Innovation*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.01.001> (29.05.2017).

17. Fonseca G.G. [et al.]. The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential. *Appl. Microbiology a. Biotechnology*, 2008, vol. 79, no. 3, pp. 339–354.

18. Kumar R., Singh O.V. Biotechnological production of gluconic acid: future and implication. *Appl. Microbiol. and Biotechnol.*, 2007, vol. 75, no. 4, pp. 713–722.

19. Socol C.R. [et al.]. Recent developments and innovations in solid state fermentation. *Biotech. Research and Innovation*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.01.002> (29.05.2017).

Dudchik N.V., Filonyuk V.A., Shevlyakov V.V., Sychik S.I., Nezhvinskaya O.E. Experimental modeling of aerosols produced by microorganisms in working area air as risk factor exerting hazardous impacts on health of workers employed at biotechnological production. Health Risk Analysis, 2017, no. 3, pp. 157–134. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.15.eng

Получена: 15.06.2017

Принята: 19.09.2017

Опубликована: 30.09.2017

«АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ»

открыта подписка на 2018 год

- в любом отделении ФГУП «Почта России» по действующим каталогам российской прессы «Почта России» (до 13 декабря 2017 г.),
- на сайте агентства: <http://vipishi.ru/catalog-Pochta-Russia/item/inet/513/31/04153/analiz-riska-zdorovyu/> (прямая ссылка на карточку журнала),
- непосредственно в редакции журнала <http://journal.fcisk.ru/subscription>

Подписной индекс журнала в каталоге «Почта России»: 04153.

Цена подписки в редакции на 12 месяцев: 3 000 руб.

Цена подписки через каталог МАП – по прейскуранту

Публикуются статьи по актуальным вопросам оценки и управления рисками для здоровья населения, работников, потребителей товаров и услуг

Гл. редактор – акад. РАН Г.Г. Онищенко

Федеральное государственное унитарное предприятие "Почта России" Ф СП- 1											
Бланк заказа периодических изданий											
АБОНЕМЕНТ На <small>газету</small> журнал						04153 <small>(индекс издания)</small>					
Анализ риска здоровью <small>(наименование издания)</small>						Количество комплектов					
На 20 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Куда <input style="width: 100px;" type="text"/>											
<small>(почтовый индекс)</small>				<small>(адрес)</small>							
Кому _____											
Линия отреза											
ПВ место литер			ДОСТАВОЧНАЯ			04153 <small>(индекс издания)</small>					
ПВ место литер			КАРТОЧКА			04153 <small>(индекс издания)</small>					
На <small>газету</small> журнал						Анализ риска здоровью <small>(наименование издания)</small>					
Стоимость		подписки		руб.		Количество комплектов					
		каталожная		руб.							
		переадресовки		руб.							
На 20 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
почтовый индекс		Город									
код улицы		село									
		область									
дом корпус		Район									
		улица									
квартира		Фамилия И.О.									
		Фамилия И.О.									

