

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 30.03.2017.
Формат 90×60/8.
Усл. печ. л. 17,5.
Заказ № 791/2017.
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 издательства и типографии:
614990, Пермь, Комсомольский пр., 29,
к. 113, тел. 2-198-033

Отпечатано в Издательстве Пермского
национального исследовательского
политехнического университета (614990,
Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113,
тел. 2-198-033)

Журнал распространяется по подписке

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

ISSN (Print) 2308-1155
ISSN (Online) 2308-1163

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. Спирин – 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)

1

Январь 2017 март

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ	
<i>Д.В. Ефременко, И.В. Кузнецова, В.Г. Оробей, А.А. Ефременко, В.М. Дубянский, Е.А. Манин, Д.А. Прислегина, О.В. Семенко</i>	4
ПРИМЕНЕНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	<i>D.V. Efremenko, I.V. Kuznetsova, V.G. Orobey, A.A. Efremenko, V.M. Dubyanskiy, E.A. Manin, D.A. Prislegina, O.V. Semenko</i>
АЛГОРИТМЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭКСПОЗИЦИИ ФАКТОРОВ РИСКА	RISK-ORIENTED APPROACH APPLICATION AT PLANNING AND ORGANIZING ANTIEPIDEMIC PROVISION OF MASS EVENTS
<i>Г.Т. Айдинов, Б.И. Марченко, Л.А. Дерябкина, Ю.А. Синельникова</i>	13
ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ГОРОДА ТАГАНРОГА КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ	<i>G.T. Aydinov, B.I. Marchenko, L.A. Deryabkina, Yu.A. Sinelnikova</i>
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА	CHEMICAL FACTORS OF SOIL POLLUTION IN TAGANROG AS POPULATION HEALTH RISK FACTORS
<i>А.В. Матвейчев, М.В. Талаева, В.Ю. Талаев, Н.В. Неумоина, К.М. Перфилова, Д.Г. Лапаев, Е.В. Мохонова, М.И. Цыганова, В.Н. Коптелова, З.И. Никитина, В.А. Лапин, Д.А. Мелентьев</i>	21
ВЛИЯНИЕ <i>HELICOBACTER PYLORI</i> НА ДИФФЕРЕНЦИРОВКУ Т-РЕГУЛЯТОРНЫХ КЛЕТОК	<i>A.V. Matveichev, M.V. Talaeva, V.Yu. Talaev, N.V. Neumoina, K.M. Perfilova, D.G. Lapaev, E.V. Mokhonova, M.I. Tsyganova, V.N. Koptelova, Z.I. Nikitina, V.A. Lapin, D.A. Melent'ev</i>
<i>Т.С. Уланова, О.О. Синицина, Т.Д. Карнажицкая, Е.О. Заверененкова</i>	29
К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ РЕПЕРНОГО УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ АКРОЛЕИНА В КРОВИ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ	<i>T.S. Ulanova, O.O. Sinitsyna, T.D. Karnazhitskaya, E.O. Zavernenkova</i>
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ	ON DETECTING REFERENCE LEVEL OF ACROLEIN CONTENT IN CHILDREN'S BLOOD
<i>М.Р. Камалтдинов, Н.В. Зайцева, П.З. Шур</i>	38
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ В АНТРОДУОДЕНУМЕ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АНОМАЛЬНЫХ ЗОН ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ НАПИТКОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ pH	<i>M.R. Kamaltdinov, N.V. Zaitseva, P.Z. Shur</i>
ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИ- ЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	NUMERICAL MODELING OF ACIDITY DISTRIBUTION IN ANTRODUODENUM AIMED AT IDENTIFYING ANOMALOUS ZONES AT CONSUMING DRINKS WITH DIFFERENT PH LEVEL
<i>Г.Т. Айдинов, Б.И. Марченко, Ю.А. Синельникова</i>	47
МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА ПРИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЯХ ТРАХЕИ, БРОНХОВ И ЛЕГКОГО	<i>G.T. Aydinov, B.I. Marchenko, Yu.A. Sinelnikova</i>
	MULTIVARIATE ANALYSIS OF STRUCTURE AND CONTRIBUTION PER SHARES MADE BY POTENTIAL RISK FACTORS AT MALIGNANT NEOPLASMS IN TRACHEA, BRONCHIAL TUBES AND LUNG

- Л.А. Пыхтина, О.М. Филькина, Н.Д. Гаджимурадова, А.И. Малышкина, С.Б. Назаров*
ФАКТОРЫ РИСКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ, РОДИВШИХСЯ ОТ ОДНОПЛОДНОЙ БЕРЕМЕННОСТИ ПОСЛЕ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ
- Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, К.П. Луژهцкий, О.А. Маклакова, М.А. Землянова, О.В. Долгих, С.В. Клейн, Н.В. Никифорова*
РИСК-АССОЦИИРОВАННЫЕ НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ ШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ИНТЕНСИВНОСТИ И НАПРЯЖЕННОСТИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА
- Т.Н. Говязина, Ю.А. Уточкин*
ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РИСКОВ В ОТНОШЕНИИ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
- ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ЗДОРОВЬЮ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА И ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**
- Ю.В. Данилова, Д.В. Турчанинов, В.М. Ефремов*
ФАКТОРЫ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АЛИМЕНТАРНО-ЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП РАБОТНИКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И РАЗРАБОТКА МЕР ПРОФИЛАКТИКИ
- В.И. Адриановский, Г.Я. Липатов, Е.А. Кузьмина, Н.В. Злыгостева, К.Ю. Русских, Н.П. Шарипова, Т.В. Бушуева, В.О. Рузаков*
ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ
- З.Ф. Гимаева, Л.К. Каримова, А.Б. Бакиров, В.А. Капцов, Д.Х. Калимуллина*
РИСКИ РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТРЕСС
- А.Д. Волгарева, Л.К. Каримова, Л.Н. Маврина, З.Ф. Гимаева, Н.А. Бейгул*
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ КАК ФАКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ
- Е.Я. Титова*
КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: РИСКИ И ПУТИ РЕШЕНИЯ
- НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ**
- В.А. Капцов, В.Н. Дейнего*
НАРУШЕНИЕ МЕЛАНОПСИНОВОГО ЭФФЕКТА СУЖЕНИЯ ЗРАЧКА – ФАКТОР РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЯ ГЛАЗ
- 56** *L.A. Pykhtina, O.M. Filkina, N.D. Gadzhimuradova, A.I. Malyshkina, S.B. Nazarov*
RISK FACTORS AND PREDICTING HEALTH DISORDERS IN INFANTS BORN FROM MONOCYTES AFTER IN VITRO FERTILIZATION
- 66** *N.V. Zaitseva, O.Yu. Ustinova, K.P. Luzhetskiy, O.A. Maklakova, M.A. Zemlyanova, O.V. Dolgikh, S.V. Kleyin, N.V. Nikiforova*
RISK-ASSOCIATED HEALTH DISORDERS OCCURRING IN JUNIOR SCHOOLCHILDREN WHO ATTEND SCHOOLS WITH HIGHER STRESS AND INTENSITY OF EDUCATIONAL PROCESS
- 84** *T.N. Govyazina, Yu.A. Utochkin*
ASSESSMENT OF BASIC BEHAVIOURAL RISKS CONCERNING HEALTH OF STUDENTS ATTENDING MEDICAL UNIVERSITY
- ASSESSMENT AND RISK MANAGEMENT HEALTH AND SAFETY IN MEDICAL HEALTH ORGANIZATION**
- 91** *Yu.V. Danilova, D.V. Turchaninov, V.M. Efremov*
RISK FACTORS CAUSING EVOLVEMENT OF ALIMENTARY-DEPENDENT DISEASES IN SPECIFIC GROUPS OF WORKERS EMPLOYED AT METALLURGY PRODUCTION AND PREVENTION MEASURES DEVELOPMENT
- 98** *V.I. Adrianovskiy, G.Ya. Lipatov, E.A. Kuz'mina, N.V. Zlygosteva, K.Yu. Russkikh, N.P. Sharipova, T.V. Bushueva, V.O. Ruzakov*
ASSESSING OCCUPATIONAL CARCINOGENIC RISKS FOR HEALTH OF WORKERS EMPLOYED AT BLISTER COPPER PRODUCTION ENTERPRISE
- 106** *Z.F. Gimaeva, L.K. Karimova, A.B. Bakirov, V.A. Kaptsov, D.Kh. Kalimullina*
RISKS OF CARDIOVASCULAR DISEASES EVOLVEMENT AND OCCUPATIONAL STRESS
- 116** *A.D. Volgareva, L.K. Karimova, L.N. Mavrina, Z.F. Gimaeva, N.A. Beigul*
IN-PLANT NOISE AS OCCUPATIONAL RISK FACTOR AT PETROCHEMICAL PLANTS
- 125** *E.Ya. Titova*
PERSONNEL POLICY IN HEALTHCARE: RISKS AND SOLUTIONS
- SCIENTIFIC REVIEWS**
- 132** *V.A. Kaptsov, V.N. Dainego*
DISORDERS IN MELANOPSIN EFFECT OF PUPIL CONSTRICTION AS A RISK FACTOR CAUSING EYE DISEASES

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

УДК 614.44

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.01

ПРИМЕНЕНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Д.В. Ефременко¹, И.В. Кузнецова¹, В.Г. Оробей², А.А. Ефременко³,
В.М. Дубянский¹, Е.А. Манин¹, Д.А. Прислегина¹, О.В. Семенко¹

¹Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт, Россия, 355035, г. Ставрополь, ул. Советская, 13–15

²Территориальный отдел Управления Роспотребнадзора по Краснодарскому краю в городе-курорте Сочи, Россия, 354000, г. Сочи, ул. Роз, 27

³Ставропольский государственный медицинский университет, Россия, 355017, г. Ставрополь, ул. Мира, 310

Массовые мероприятия характеризуются возрастающими угрозами здоровью населения, в том числе со стороны инфекционных патологий. Целью исследования была разработка научно обоснованных подходов к оценке и управлению эпидемиологическими рисками и анализ опыта их практического применения в периоды подготовки и проведения Олимпиады-2014 и других массовых мероприятий 2014–2016 гг. Оценку рисков эпидемических осложнений проводили диагностическими тест-системами, используя новый метод, созданный с учетом особенностей массовых мероприятий. Он основан на ранжировании инфекций по трем категориям потенциальной опасности в соответствии с разработанными критериями, представляющими качественные и количественные прогностические параметры (предикторы). Использование риск-ориентированного подхода и многофакторного анализа позволило точно определить возможные максимальные потребности обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия по каждой отдельной нозологической форме. Укомплектование лабораторной базы тест-системами для специфической индикации по результатам сделанных расчетов дало возможность, с одной стороны, обеспечить необходимую готовность, с другой стороны, избежать лишних затрат. Для поддержки в принятии управленческих решений во время Олимпиады-2014 использовался разработанный инновационный продукт – компьютерная программа на платформе геоинформационной системы (ГИС), что позволило добиться упрощения и ускорения обмена информацией в рамках внутри- и межведомственного взаимодействия. «Динамический эпидемиологический порог» рассчитывался ежедневно для кори, ветряной оспы, острых кишечных и острых респираторных вирусных инфекций различной этиологии. При превышении возможности формирования «эпидемиологического пятна» по одной или нескольким нозологиям в ГИС автоматически выводилось предупреждение.

Планирование профилактических мероприятий в отношении природно-очаговых и зоонозных особо опасных инфекций, эндемичных для г. Сочи, осуществлялось с учетом выполненной оценки.

Положительный опыт риск-ориентированной организации отдельных направлений деятельности при осуществлении противоэпидемического обеспечения массовых международных мероприятий на территории Российской Федерации позволяет оптимистично рассматривать перспективы более широкого внедрения в практическую работу описанных выше аналогичных подходов и других, базирующихся на принципах анализа риска здоровью.

Ключевые слова: эпидемиологические риски, риск-ориентированный подход, массовые мероприятия, инфекционные болезни, эпидемиологический надзор, оценка рисков, управление рисками, географическая информационная система.

© Ефременко Д.В., Кузнецова И.В., Оробей В.Г., Ефременко А.А., Дубянский В.М., Манин Е.А., Прислегина Д.А., Семенко О.В., 2017

Ефременко Дмитрий Витальевич – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии (e-mail: efremenko26@mail.ru; тел.: 8 (962) 459-07-47).

Кузнецова Ирина Владимировна – научный сотрудник лаборатории биохимии (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; тел.: 8 (8652) 26-03-12).

Оробей Владимир Григорьевич – кандидат медицинских наук, начальник территориального отдела (e-mail: sochi@kubanrpn.ru; тел.: 8 (8622) 64-79-48).

Ефременко Анна Александровна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры общей и биологической химии (e-mail: ania300380@mail.ru; тел.: 8 (8652) 35-61-85).

Дубянский Владимир Маркович – доктор биологических наук, заведующий отделом эпизоотологического мониторинга и прогнозирования (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; тел.: 8 (8652) 26-03-12).

Манин Евгений Анатольевич – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; тел.: 8 (8652) 26-03-12).

Прислегина Дарья Александровна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; тел.: 8 (8652) 26-03-12).

Семенко Оксана Валерьевна – аналитик (геоинформатик) лаборатории эпидемиологии (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; тел.: 8 (8652) 26-03-12).

Внедрение риск-ориентированных моделей в практическую деятельность контрольно-надзорных органов – современный тренд. Их использование позволяет оптимизировать затраты, обоснованно перераспределять трудовые ресурсы на наиболее актуальные направления работы [3,9]. Этот эффект носит каскадный характер, так как создаются мотивационные предпосылки улучшения деятельности субъектов надзора. В первую очередь повышается безопасность различных процессов, производимых товаров и услуг, что приводит к снижению связанных с ними рисков и, как следствие, дальнейшему уменьшению числа необходимых контрольных мероприятий.

В сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на смену принципам гигиенического нормирования постепенно приходят принципы анализа риска здоровью, более соответствующие современным социально-экономическим реалиям [3]. Стоит отметить, что на настоящем этапе лучше проработаны вопросы оценки рисков, связанных с воздействием химических и физических факторов среды обитания, по сравнению с биологическими, для контроля которых используются методики, в основном адаптированные для целей санитарной микробиологии. С помощью данных методов невозможно в полном объеме решать задачи по прогнозированию эпидемиологической ситуации в отношении широкого спектра инфекционных болезней и, как следствие, создать достаточную научную основу для управления рисками.

В практике эпидемиологического надзора наибольшее распространение получил метод экспертной многобалльной оценки рисков. В некоторых случаях качественное определение степени рисков проводится без четких критериев, основываясь на опыте соответствующего специалиста, исключительно по результатам изучения имеющейся в наличии актуальной информации. Вместе с тем человек, даже максимально компетентный в своей сфере деятельности, субъективен, что может оказывать существенное влияние на интерпретацию сведений и, как следствие, результат прогноза. Несмотря на то что качественные методы ранее в большинстве случаев позволяли своевременно идентифицировать возникающие угрозы, необходимо создание новых методик оценки эпидемиологических рисков, позволяющих уменьшить или исключить субъективную составляющую.

Массовые мероприятия сопровождаются возрастающими угрозами здоровью населения, в том числе со стороны инфекционных патологий [2, 7, 12, 13]. При этом степень эпидемиологических рисков зависит от масштабов, продолжительности, сезона проведения мероприятия, географического представительства его участников и гостей [14, 15]. Условия для активизации механизмов передачи возбудителей инфекций, как эндемичных, так и занесенных с других территорий, создаются дополнительными нагрузками на объекты социальной инфраструктуры и увеличением контактов среди населения [11]. Спорадические случаи заболеваний и групповые вспышки рассматриваются с точки зрения потенциальной опасности для проведения массового мероприятия в целом или отдельных его этапов. Вышесказанное предопределяет необходимость особой организации работы по профилактике угроз и реагированию в случае реализации неблагоприятных сценариев. Учитывая все особенности, целесообразно введение нового понятия – эпидемиология массовых мероприятий. Ключевое значение здесь отводится анализу рисков здоровью населения.

Цель работы – разработка научно обоснованных подходов к оценке и управлению эпидемиологическими рисками в период массовых мероприятий, анализ опыта их практического применения в периоды подготовки и проведения Олимпиады-2014 и других массовых мероприятий, состоявшихся в г. Сочи в период 2014–2016 гг.

Материалы и методы. При написании статьи были использованы отчетные материалы ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора и Управления Роспотребнадзора по Краснодарскому краю по итогам работы во время массовых мероприятий 2014–2016 гг., прошедших в г. Сочи (Олимпиада-2014, «Формула-1», саммит Россия – АСЕАН и др.).

Оценку рисков в отношении различных инфекционных болезней проводили в целях определения комплекса мер для их снижения, обоснования объемов оснащения специализированной противоэпидемической бригады (СПЭБ) Роспотребнадзора диагностическими препаратами. Использовался новый метод, основанный на ранжировании нозологий по трем категориям потенциальной опасности в соответствии с разработанными критериями, представляющими качественные и количественные

прогностические параметры (предикторы). Методика создана с учетом особенностей массовых мероприятий, рассчитана в первую очередь на составление краткосрочных прогнозов. Она заключается в определении наличия предикторов эпидемиологического риска: да (присутствует) – 1 балл, нет (отсутствует) – 0 баллов. Для определения показателя риска по каждой отдельной нозологической форме полученная сумма баллов делится на количество предикторов, то есть вычисляется среднее арифметическое суммы баллов. В соответствии с трехуровневой системой оценки степень риска была обозначена как высокая (показатель – 0,68–1,0), средняя (0,34–0,67) и низкая (0–0,33).

Результаты и их обсуждение. XXII Олимпийские зимние игры и XI Паралимпийские зимние игры 2014 г. в г. Сочи (Олимпиада-2014) стали наиболее крупным и значимым спортивным массовым событием, проведенным на территории Российской Федерации в XXI в. Их отличительная особенность, с эпидемиологической точки зрения, – общая продолжительность мероприятия, превышающая инкубационный период большинства актуальных нозологических форм болезней, а также нахождение на ограниченном пространстве большого количества спортсменов, членов команд, обслуживающего персонала и зрителей, в том числе прибывших из регионов, эндемичных по ряду особо опасных экзотических для России инфекций.

По результатам аналитической работы, проведенной в предолимпийский период, на этапе идентификации опасности было установлено, что реальную угрозу представляют регистрируемые в Краснодарском крае природно-очаговые и зоонозные инфекционные болезни бактериальной и вирусной этиологии. Возбудители этих болезней относятся ко II группе патогенности. Наличие такого рода инфекций было связано с рядом факторов: 1) через территорию края проходили все наземные транспортные маршруты (автомобильный, железнодорожный); 2) аэропорты г. Краснодара, Геленджика, Анапы принимали гостей мероприятия и могли быть использованы в качестве резервных; 3) большая часть болельщиков и задействованного обслуживающего персонала, в том числе работников спортивных объектов, волонтеров и других лиц, в профессиональной деятельности непосредственно контактирующих с участниками и гостями мероприятия, являлась жителями края; 4) значительная часть аккредитованных АНО

«Оргкомитет Сочи-2014» поставщиков продуктов питания находилась также на территории края. Таким образом, существенную угрозу санитарно-эпидемиологическому благополучию местного населения, участникам и зрителям мероприятия представлял возможный занос инфекционных болезней и их возбудителей из Краснодарского края. Эпиднадзор за природно-очаговыми и зоонозными особо опасными инфекциями на данной территории осуществлялся с использованием риск-ориентированной модели. Оценку «внутреннего» риска возникновения эпидемических осложнений в период Олимпиады-2014 и других массовых мероприятий в дальнейшем, организуемых в г. Сочи, проводили в отношении геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), лихорадки Западного Нила (ЛЗН), Крымской геморрагической лихорадки (КГЛ), туляремии, бруцеллеза, сибирской язвы (таблица) [8]. С этой целью на основании изучения ретроспективной и оперативной информации был составлен перечень из 10 вопросов – прогностических параметров риска (7 общих и по 3 специфичных для природно-очаговых и зоонозных инфекций).

Рассчитанный показатель «внутреннего» риска для ЛЗН, КГЛ, туляремии, бруцеллеза и сибирской язвы соответствовал низкой степени, а для ГЛПС – средней.

В целом эпидемиологическая обстановка по природно-очаговым и зоонозным инфекциям, возбудители которых относятся ко II группе патогенности, оставалась относительно благополучной. Случаи заболевания людей не носили вспышечного характера, были единичными. В структуре заболеваемости за 2009–2014 гг. 68,2 % из них относились к ГЛПС, для которой характерны эпидемические проявления на территории субтропической зоны Краснодарского края в течение всего года, что связано с климатическими особенностями и природными резервуарами хантавируса. В частности, в г. Сочи за 2009–2015 гг. 8 случаев (40,0 %) этой инфекции были зафиксированы осенью, 4 (20,0 %) – зимой, 3 (15,0 %) – весной и 5 (25,0 %) – летом. Дополнительные угрозы определялись результатами эпизоотологического обследования территории края. Например, в 2013 г. 39,0 % положительных проб на ГЛПС отобраны в Адлерском районе г. Сочи, где находится основное количество спортивных и инфраструктурных объектов, на которых проводятся массовые мероприятия, проживают их участники и гости [8].

Оценка риска возникновения эпидемических осложнений по природно-очаговым и зоонозным особо опасным инфекциям в Краснодарском крае в период массового мероприятия (на примере Олимпиады-2014)

№ п/п	Предикторы (вопросы)	Наличие предиктора (балл) (да – 1; нет – 0)					
		ГЛПС	ЛЗН	КГЛ	Туляремия	Бруцеллез	Сибирская язва
1	Фиксировались ли случаи заболевания на территории Краснодарского края за последние 5 лет	1	1	0	1	0	1
2	Фиксировались ли случаи заболевания на территории г. Сочи за последние 5 лет	1	0	0	0	0	0
3	Фиксировались ли случаи заболевания на территории Краснодарского края в сезон проведения мероприятия за последние 5 лет	1	0	0	0	0	0
4	ИП* за последние 5 лет достоверно > ИП за последние 20 лет (для ЛЗН и сибирской язвы – ИП за последний год достоверно > ИП за последние 5 лет)	0	0	0	0	0	0
5	ИП в сезон проведения мероприятия за последние пять лет достоверно > ИП за последние 5 лет	0	0	0	0	0	0
6	ИП за последние 5 лет достоверно $\geq 0,1$	1	0	0	0	0	0
7	Характерны ли для территории Краснодарского края эпидемические и эпизоотические проявления инфекции в сезон проведения мероприятия	1	0	0	0	0	0
8	Выделялся ли возбудитель инфекции (выявлялась ДНК, антиген, антитела к нему) при исследовании полевого материала, отобранного на территории Краснодарского края, за последние 5 лет**	1	1	1	1		
	Фиксировались ли эпизоотии на территории Краснодарского края за последние 5 лет***					1	1
9	Превышал ли достоверно на территории Краснодарского края показатель численности носителей возбудителя инфекции за последний год средний многолетний показатель**	0	0	0	0		
	Имелись ли за 1–3 месяца до начала мероприятия в Краснодарском крае неблагополучные территории по инфекции (для сибирской язвы – неблагополучные территории и сибирезвенные захоронения) ***					1	1
10	Превышал ли достоверно на территории Краснодарского края показатель инфицированности возбудителем инфекции носителей за последний год средний многолетний показатель**	0	0	0	0		
	Отсутствует ли в период мероприятия усиленный контроль и ограничения количества поставщиков пищевой продукции***					0	0
Общее количество баллов / показатель риска		6/0,6	2/0,2	1/0,1	2/0,2	2/0,2	3/0,3

Примечание: * – интенсивный показатель (ИП) на 100 тысяч населения;

** – вопросы только для природно-очаговых инфекций;

*** – вопросы только для особо опасных зоонозных инфекций.

На основании имеющихся эпидемиологических данных и по результатам выполненной оценки в рамках управления рисками здоровью населения было принято решение об организации профилактических мер по ГЛПС перед началом Олимпиады-2014. В Адлерском районе г. Сочи проведены дополнительные мероприятия по благоустройству и дератизационной обработке территорий. Обеспечены ежеквартальные плановые эпизоотологические обследования стационарных точек наблюдения в лесопарковых зонах и двукратные в течение года (осень, весна) – в природном очаге хантавирусов. Подготовлены рекомендации для лечебно-профилактических организаций Краснодарского края по обеспечению повышенной готовности в отношении ГЛПС, организованы обучающие се-

минары для медицинского персонала по диагностике и лечению природно-очаговых и особо опасных инфекций [8].

В результате проведенных мероприятий удалось избежать серьезных осложнений эпидемиологической обстановки по ГЛПС. Единственный случай заболевания этой инфекцией в 2014 г. в г. Сочи был зарегистрирован в августе.

Во время наиболее крупных массовых мероприятий в связи с возрастающими рисками, увеличением объемов работы дополнительно задействуются силы и средства из других административных территорий и субъектов Российской Федерации [6]. Для усиления лабораторной службы во время Олимпиады-2014 привлекалась специализированная противоэпидемическая бригада (СПЭБ) ФКУЗ «Ставропольский противо-

чумный институт» Роспотребнадзора в полном составе [5, 10]. Во время массовых мероприятий, проведенных в г. Сочи в весенне-летне-осенний периоды 2014–2016 гг., работала индикационная лаборатория СПЭБ.

Одной из задач, поставленных перед бригадой, было обеспечение готовности к диагностике максимально широкого перечня инфекционных болезней. По результатам проведенного анализа эпидемиологической ситуации в мире был сформирован перечень, включающий возбудителей 82 актуальных нозологических форм инфекций. Основным методом специфической индикации для большинства патогенов бактериальной и вирусной природы определена полимеразная цепная реакция (ПЦР). Расчет необходимого запаса ПЦР тест-систем для анализов по эпидемическим показаниям проводили с помощью разработанного специально для массовых мероприятий метода, основанного на определении риска эпидемических осложнений в отношении каждой отдельной нозологии. Критерии оценки – вопросы (общее количество – 16) – сформулированы с учетом обеспечения принципов многофакторного анализа.

Удельный вес различных факторов в общей структуре вопросов следующий:

- «внутренние» эпидемиологические риски по инфекции – 0,4375;
- «внешние» эпидемиологические риски по инфекции – 0,125;
- риск распространения инфекции в регионе – 0,125;
- риск биологического терроризма с использованием возбудителя инфекции – 0,0625;
- ретроспективные данные по эпидемическим осложнениям по инфекции в период массовых мероприятий – 0,0625;
- особенности организации лабораторной диагностики в период запланированного массового мероприятия – 0,1875.

Таким образом, помимо эпидемиологических рисков в общей структуре вопросов были учтены алгоритмы направления материала на исследования, то есть является ли СПЭБ основной или дублирующей базой при диагностике соответствующей нозологической единицы. При этом перечень вопросов «гибкий» – удельный вес каждого фактора может изменяться в зависимости от особенностей конкретного события.

После проведенного с помощью разработанного метода разделения инфекций на три группы готовности – минимально необходимой (или базовой), повышенной и максимальной –

для каждой из них устанавливался возможный объем лабораторных исследований во время мероприятия и на этом основании создавался запас ПЦР тест-систем. Для дополнительного метода специфической индикации (один из методов иммуноанализа) оснащение проводилось из расчета 1:2–1:4 исследований по отношению к основному.

В итоге на этапе подготовки к массовым мероприятиям укомплектование СПЭБ диагностическими препаратами осуществлялось на основе системного принципа. Использование риск-ориентированного подхода в сочетании с многофакторным анализом позволило точно рассчитать возможные максимальные потребности бригады по каждой отдельной нозологической форме инфекций. Выполненное количество исследований по эпидемическим показаниям не превысило прогнозируемые цифры. Для детекции абсолютно всех патогенов сохранялся резерв диагностических тест-систем, что позволило судить о достаточном оснащении СПЭБ.

Для поддержки в принятии управленческих решений в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения во время Олимпиады-2014 в ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора был разработан инновационный продукт – компьютерная программа на платформе географической информационной системы (ГИС) [4]. С помощью данного инструмента обеспечивалась возможность проведения пространственно-временного анализа ситуации в реальном времени. ГИС-программа включала несколько слоев: сведения об инфекционной заболеваемости населения в регионе, санитарно-гигиеническом состоянии эпидемиологически значимых объектов (ЭЗО), информацию о загруженности лабораторных баз, результатах лабораторного обследования декретированного контингента и систем горячего водоснабжения на легионеллы, а также другую актуальную информацию. Для ее внедрения в практическую работу был выстроен и впоследствии реализован алгоритм информационного взаимодействия. Сведения из оперативного штаба Роспотребнадзора по Краснодарскому краю направляли дежурному сотруднику СПЭБ и, после обработки, размещали в системе. Доступ к информации имели специалисты, участвующие в санитарно-противоэпидемическом обеспечении мероприятия. Просмотр и анализ данных мог осуществляться с помощью любого стационарного или мобильного устройства при

наличии сети Интернет со скоростью 1 Мбайт в секунду и более [1, 4, 8].

В рамках применения риск-ориентированной модели 629 ЭЗО г. Сочи, картированных в ГИС, были предварительно ранжированы по результатам контрольно-надзорных мероприятий на имеющие «низкий», «средний», «высокий» и «очень высокий» риски для населения. В зависимости от степени потенциальной опасности объектов назначались административные взыскания и дополнительные проверки. После выполнения профилактических мер по итогам оценки санитарно-гигиенического состояния ЭЗО могли быть переведены в другую категорию с меньшим риском. Вся необходимая информация отображалась в ГИС в реальном времени.

Для контроля эпидемиологической ситуации в регионе впервые были использованы новые критерии анализа: «динамический эпидемиологический порог» – количество заболевших на определенной территории во времени; «эпидемиологическое пятно» – пространственное расположение случаев заболевания за анализируемый период времени [1, 4, 8].

Критерий «динамический эпидемиологический порог» адаптирован именно для краткосрочных и относительно краткосрочных событий. Он позволяет оценивать развитие ситуации, используя наиболее актуальные в данный момент сведения при его расчете. Это дает возможность максимально оперативно реагировать в случае ухудшения эпидемиологической ситуации, что крайне важно непосредственно в период проведения массового мероприятия. Во время проведения Олимпиады-2014 «динамический эпидемиологический порог» рассчитывался ежедневно для кори, ветряной оспы, острых кишечных и острых респираторных вирусных инфекций различной этиологии. При его превышении, возможности формирования «эпидемиологического пятна» по одной или нескольким нозологиям, в ГИС автоматически выводилось предупреждение.

За период Олимпиады-2014 было зафиксировано несколько эпизодов формирования «эпидемиологических пятен» – случаев заболевания, расположенных в непосредственной близости друг от друга и на удалении от других случаев, с одним предварительным диагнозом, поставленным в течение 1–3 суток. Например, благодаря оперативному реагированию удалось предотвратить распространение кори.

Выводы. Таким образом, были разработаны и впоследствии реализованы при планировании, организации и осуществлении деятельности в рамках системы эпиднадзора в периоды подготовки и проведения массовых мероприятий в г. Сочи новые научно обоснованные подходы, ориентированные на принципы анализа риска здоровью населения.

Комплекс профилактических мероприятий в отношении природно-очаговых и зоонозных инфекций, эндемичных для территории г. Сочи и Краснодарского края в целом, планировался с учетом выполненной оценки рисков эпидемических осложнений. Впервые предложена методика определения потребности СПЭБ в диагностических препаратах во время массовых мероприятий. Укомплектование бригады тест-системами для специфической индикации на основании сделанных расчетов позволило, с одной стороны, обеспечить необходимую готовность лабораторий, с другой – избежать лишних затрат. Применение в практической работе ГИС в период Олимпиады-2014 предоставило возможность добиться ряда преимуществ, в том числе упрощения и ускорения обмена информацией в рамках внутриведомственного и межведомственного взаимодействия.

Опыт риск-ориентированной организации отдельных направлений деятельности при осуществлении противоэпидемического обеспечения массовых международных мероприятий на территории Российской Федерации стал одним из первых. Итоги позволяют оптимистично рассматривать перспективы более широкого внедрения описанных выше и других аналогичных подходов, базирующихся на принципах анализа риска здоровью, в науку и практику эпиднадзора.

Использование разработанного метода оценки рисков эпидемических осложнений представляется актуальным именно при подготовке к массовым, ограниченным во времени мероприятиям. Различные его модификации применялись для выработки управленческих решений по профилактике природно-очаговых и зоонозных особо опасных инфекций и для определения объемов комплектования СПЭБ диагностическими тест-системами. Научного обоснования требует вопрос о целесообразности совершенствования методики путем введения повышающих и понижающих коэффициентов для отдельных вопросов и факторов опасности, отражающих их значимость в общей структуре.

Список литературы

1. XXII Олимпийские зимние игры и XI Паралимпийские зимние игры 2014 года в г. Сочи. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, Б.П. Кузькин, И.В. Брагина, Е.Б. Ежлова, Ю.В. Демина [и др.] / под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко, проф. А.Н. Куличенко. – Тверь: Триада, 2015. – 576 с.
2. Анализ зарубежного опыта обеспечения биологической безопасности при проведении Олимпийских игр / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, В.Ю. Смоленский, О.В. Малецкая, Т.В. Таран, В.М. Дубянский, О.В. Семенко, Д.С. Агапитов, Г.М. Грижебовский, Е.А. Манин, В.П. Клиндухов, В.Г. Оробей, А.Д. Антоненко // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2015. – № 2. – С. 105–109.
3. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур, А.Ю. Попова, В.Б. Алексеев [и др.] / под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – М., Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 783 с.
4. Использование современных информационных технологий в практике санитарно-эпидемиологического надзора в период проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр в г. Сочи / А.Ю. Попова, Б.П. Кузькин, Ю.В. Демина, В.М. Дубянский, А.Н. Куличенко, О.В. Малецкая [и др.] // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2015. – № 2. – С. 113–118.
5. Обеспечение готовности и организации работы СПЭБ ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора в период проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр в Сочи / Г.Г. Онищенко, Б.П. Кузькин, Ю.В. Демина, А.Н. Куличенко, О.В. Малецкая, Д.В. Ефременко [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2015. – № 1. – С. 58–62.
6. Обеспечение готовности специализированных противоэпидемических бригад к работе при проведении массовых мероприятий / А.Н. Куличенко, Д.В. Ефременко, И.В. Кузнецова, О.А. Зайцева // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2014. – № 1. – С. 76–80.
7. Опыт стран-организаторов Олимпиад по обеспечению защиты от биологической угрозы / Г.Г. Онищенко, А.Н. Куличенко, О.А. Зайцева, Д.В. Ефременко // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2014. – № 1. – С. 70–75.
8. Оробей В.Г. Меры профилактики чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического характера при проведении XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр в г. Сочи: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Ставрополь, 2016. – 22 с.
9. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: монография / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева / под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
10. Результаты работы СПЭБ ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора в период проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр в Сочи / Б.П. Кузькин, А.Н. Куличенко, О.В. Малецкая, Д.В. Ефременко, Е.А. Манин, Е.С. Котенев [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2015. – № 2. – С. 17–21.
11. Communicable diseases alert and response for mass gatherings: key consideration. – Geneva: WHO, 2009. – 130 p.
12. Global perspectives for prevention of infectious diseases associated with mass gatherings / I. Abubakar, P. Gautret, G.W. Brunette, L. Blumberg, D. Johnson, G. Pomeroy, Z.A. Memish, M. Barbeschi, A.S. Khan // The Lancet Infectious Diseases. – 2012. – № 12. – P. 66–74.
13. Microbiological aspects of public health planning and preparedness for the 2012 Olympic Games / J. Moran-Gilad, M. Chand, C. Brown, N. Shetty // Epidemiol. Infect. – 2012. – Vol. 140, № 12. – P. 2142–2151.
14. Surveillance Sans Frontières: Internet-based emerging infectious disease intelligence and the Health Map project / J.S. Brownstein, C.C. Freifeld, B.Y. Reis, K.D. Mandl // PLoS Med. – 2008. – № 5. – P. 151.
15. Wilson K., Brownstein J.S. Early detection of disease outbreaks using the Internet // CMAJ. – 2009. – Vol. 180. – P. 829–831.

Применение риск-ориентированного подхода при планировании и организации противоэпидемического обеспечения массовых мероприятий / Д.В. Ефременко, И.В. Кузнецова, В.Г. Оробей, А.А. Ефременко, В.М. Дубянский, Е.А. Манин, Д.А. Прислегина, О.В. Семенко // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.01

UDC 614.44

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.01.eng

RISK-ORIENTED APPROACH APPLICATION AT PLANNING AND ORGINIZING ANTIEPIDEMIC PROVISION OF MASS EVENTS

**D.V. Efremenko¹, I.V. Kuznetsova¹, V.G. Orobey², A.A. Efremenko³, V.M. Dubyanskiy¹,
E.A. Manin¹, D.A. Prislegina¹, O.V. Semenko¹**

¹Stavropol Plague Control Research Institute, 13–15 Sovetskaya Str., Stavropol, 355035, Russian Federation

²Territory Administration of the Federal Supervision Service for Consumer's Rights Protection and Human Welfare in the Krasnodar Region at c.-r. Sochi, 27 Rose Str., Sochi, 354000, Russian Federation

³Stavropol State Medical University, 310 Mira Str., Stavropol, 355017, Russian Federation

Mass events tend to become more and more dangerous for population health, as they cause various health risks, including infectious pathologies risks. Our research goal was to work out scientifically grounded approaches to assessing and managing epidemiologic risks as well as analyze their application practices implemented during preparation to the Olympics-2014, the Games themselves, as well as other mass events which took place in 2014–2016. We assessed epidemiologic complications risks with the use of diagnostic test-systems and applying a new technique which allowed for mass events peculiarities. The technique is based on infections ranking as per 3 potential danger categories in accordance with created criteria which represented quantitative and qualitative predictive parameters (predictors). Application of risk-oriented approach and multi-factor analysis allowed us to detect exact possible maximum requirements for providing sanitary-epidemiologic welfare in terms of each separate nosologic form. As we enhanced our laboratory base with test-systems to provide specific indication as per accomplished calculations, it enabled us, on one hand, to secure the required preparations, and, on the other hand, to avoid unnecessary expenditures. To facilitate decision-making process during the Olympics-2014 we used an innovative product, namely, a computer program based on geoinformation system (GIS). It helped us to simplify and to accelerate information exchange within the frameworks of intra- and interdepartmental interaction. "Dynamic epidemiologic threshold" was daily calculated for measles, chickenpox, acute enteric infections and acute respiratory viral infections of various etiology. And if it was exceeded or possibility of "epidemiologic spot" for one or several nosologies occurred, an automatic warning appeared in GIS.

Planning prevention activities regarding feral herd infections and zoonogenous extremely dangerous infections which were endemic for Sochi was accomplished taking the completed assessment into account.

The positive experience obtained through risk-oriented organization of certain activities aimed at providing anti-epidemic safety of mass international events on the Russian Federation territory allows us to be optimistic about prospects of wider implementation of the approach described above and other similar approaches based on health risk analysis principles.

Key words: epidemiologic risks, risk-oriented approach, mass events, infectious diseases, epidemiologic surveillance, risk assessment, risk management, geoinformation system.

References

1. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Kuz'kin B.P., Bragina I.V., Ezhlova E.B., Demina Yu.V. [et al.]. XXII Olimpiiskie zimnie igry i XI Paralimpiiskie zimnie igry 2014 goda v g. Sochi. Obespechenie sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya [XXII Winter Olympic Games and XI Winter Para-Olympic Games-2014 in Sochi. Sanitary and epidemiologic welfare provision]. In: akad. RAN G.G. Onishchenko, prof. A.N. Kulichenko eds. Tver', OOO «Izdatel'stvo «Triada» Publ., 2015, 576 p. (in Russian).

© Efremenko D.V., Kuznetsova I.V., Orobey V.G., Efremenko A.A., Dubyanskiy V.M., Manin E.A., Prislegina D.A., Semenko O.V., 2017

Dmitriy V. Efremenko – candidate of medical sciences, leading researcher at epidemiology laboratory (e-mail: efremenko26@mail.ru; tel.: +7 (962) 459-07-47).

Irina V. Kuznetsova – researcher at biochemical laboratory (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; tel.: +7 (8652) 26-03-12).

Vladimir G. Orobey – candidate of medical sciences, head of territorial department (e-mail: sochi@kubanrpn.ru; tel.: +7 (8622) 64-79-48).

Anna A. Efremenko – candidate of medical sciences, assistant at common and biological chemistry department (e-mail: ania300380@mail.ru; tel.: +7 (8652) 35-61-85).

Vladimir M. Dubyanskiy – Doctor of Biological Sciences, Head of Epizootologic monitoring and prediction department (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; tel.: +7 (8652) 26-03-12).

Evgeniy A. Manin – candidate of medical sciences, senior researcher at epidemiology laboratory (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; tel.: +7 (8652) 26-03-12).

Daria A. Prislegina – junior researcher at epidemiology laboratory (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; tel.: +7 (8652) 26-03-12).

Oksana V. Semenko – analyst (geo-information specialist) at epidemiology laboratory (e-mail: snipchi@mail.stv.ru; tel.: +7 (8652) 26-03-12).

2. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Smolenskii V.Yu., Maletskaya O.V., Taran T.V., Dubyanskii V.M., Semenko O.V., Agapitov D.S., Grizhebovskii G.M., Manin E.A., Klindukhov V.P., Orobei V.G., Antonenko A.D. Analiz zarubezhnogo opyta obespecheniya biologicheskoi bezopasnosti pri provedenii Olimpiiskikh igr [Analysis of foreign experience of maintenance of biological safety of the Olympic games]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2015, no. 2, pp. 105–109 (in Russian).
3. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Popova A.Yu., Alekseev V.B. [et al.]. Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: monografiya [Health risk analysis in the strategy of state social and economic development: monograph]. In: G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva eds. Moscow, Perm', Izd-vo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta Publ., 2014, 783 p. (in Russian).
4. Popova A.Yu., Kuz'kin B.P., Demina Yu.V., Dubyanskii V.M., Kulichenko A.N., Maletskaya O.V. [et al.]. Ispol'zovanie sovremennykh informatsionnykh tekhnologii v praktike sanitarno-epidemiologicheskogo nadzora v period provedeniya XXII Olimpiiskikh zimnikh igr i XI Paralimpiiskikh zimnikh igr v g. Sochi [Using modern information technology in the practice of the sanitary-epidemiological surveillance during the xxii Olympic winter games and xi paralympic winter games in Sochi]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2015, no. 2, pp. 113–118 (in Russian).
5. Onishchenko G.G., Kuz'kin B.P., Demina Yu.V., Kulichenko A.N., Maletskaya O.V., Efremenko D.V. [et al.]. Obespechenie gotovnosti i organizatsiya raboty SPEB FKUZ «Stavropol'skii protivochumnyi institut» Rospotrebnadzora v period provedeniya XXII Olimpiiskikh zimnikh igr i XI Paralimpiiskikh zimnikh igr v Sochi [Provision of the Preparedness and Management of Work of the Specialized Anti-Epidemic Team at the Premises of the Rospotrebnadzor Stavropol Anti-Plague Institute during the XXII Olympic and XI Paralympic Winter Games in Sochi]. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2015, no. 1, pp. 58–62 (in Russian).
6. Kulichenko A.N., Efremenko D.V., Kuznetsova I.V., Zaitseva O.A. Obespechenie gotovnosti spetsializirovannykh protivoepidemicheskikh brigad k rabote pri provedenii massovykh meropriyatii [Operation preparedness of specialized anti-epidemic brigades during mass events]. *Zhurnal epidemiologii, mikrobiologii i immunobiologii*, 2014, no. 1, pp. 76–80 (in Russian).
7. Onishchenko G.G., Kulichenko A.N., Zaitseva O.A., Efremenko D.V. Opyt stran-organizatorov Olimpiad po obespecheniyu zashchity ot biologicheskoi ugrozy [Experience of Olympic host-countries in procuring protection from a biological threat]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2014, no. 1, pp. 70–75 (in Russian).
8. Orobei V.G. Mery profilaktiki chrezvychaynykh situatsii sanitarno-epidemiologicheskogo kharaktera pri provedenii XXII Olimpiiskikh zimnikh igr i XI Paralimpiiskikh zimnikh igr v g. Sochi: avtoref. dis. ... kand. med. Nauk [Measures at preventing sanitary and epidemiologic contingencies during XXII Winter Olympic Games and XI Winter Para-Olympic Games-2014 in Sochi: abstract of a thesis. ... candidate of medical science]. Stavropol', 2016, 22 p. (in Russian).
9. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu: monografiya [Basics of population health risk assessment under exposure to chemicals polluting environment: monograph]. In: Yu.A. Rakhmanin, G.G. Onishchenko eds. Moscow, NII ECh and GOS, 2002, 408 p. (in Russian).
10. Kuz'kin B.P., Kulichenko A.N., Maletskaya O.V., Efremenko D.V., Manin E.A., Kotenev E.S. [et al.]. Rezul'taty raboty SPEB FKUZ «Stavropol'skii protivochumnyi institut» Rospotrebnadzora v period provedeniya XXII Olimpiiskikh zimnikh igr i XI Paralimpiiskikh zimnikh igr v Sochi [Performance of the SAET of the Stavropol Anti-Plague Institute of the Rospotrebnadzor during the XXII Olympic and XI Paralympic Winter Games in Sochi]. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2015, no. 2, pp. 17–21 (in Russian).
11. Communicable diseases alert and response for mass gatherings: key consideration. Geneva, WHO, 2009, 130 p.
12. Abubakar I., Gautret P., Brunette G.W., Blumberg L., Johnson D., Pomeroy G., Memish Z.A., Barbeschi M., Khan A.S. Global perspectives for prevention of infectious diseases associated with mass gatherings. *The Lancet Infectious Diseases*, 2012, no. 12, pp. 66–74.
13. Moran-Gilad J., Chand M., Brown C., Shetty N. Microbiological aspects of public health planning and preparedness for the 2012 Olympic Games. *Epidemiol Infect*, 2012, vol. 140, no. 12, pp. 2142–2151.
14. Brownstein J.S., Freifeld C.C., Reis B.Y., Mandl K.D. Surveillance Sans Frontières: Internet-based emerging infectious disease intelligence and the Health Map project. *PLoS Med*, 2008, no. 5, pp. 151.
15. Wilson K., Brownstein J.S. Early detection of disease outbreaks using the Internet. *CMAJ*, 2009, vol. 180, pp. 829–831.

Efremenko D.V., Kuznetsova I.V., Orobei V.G., Efremenko A.A., Dubyanskiy V.M., Manin E.A., Prislegina D.A., Semenko O.V. Risk-oriented approach application at planning and organizing antiepidemic provision of mass events. Health Risk Analysis, 2017, no. 1, pp. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.01.eng

Получена: 21.12.2016
Принята: 24.02.2017
Опубликована: 30.03.2017

АЛГОРИТМЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭКСПОЗИЦИИ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 614.7

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.02

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ГОРОДА ТАГАНРОГА КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Г.Т. Айдинов^{1,2}, Б.И. Марченко^{1,3}, Л.А. Дерябкина¹, Ю.А. Синельникова¹

¹Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области, Россия, 344019, г. Ростов-на-Дону, 7-я линия, 67

²Ростовский государственный медицинский университет, Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29

³Южный федеральный университет, Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42

Целью настоящего исследования являлась гигиеническая оценка химического загрязнения почв селитебных территорий и зон рекреации в городе Таганроге Ростовской области. В силу того, что поверхностный слой городских почв представляет собой открытую динамическую систему, тесно связанную с атмосферой и гидросферой, содержание загрязнителей в почвах рассматривали как индикаторы антропогенной трансформации территорий и техногенной нагрузки на население. Использованы методы атомно-абсорбционной спектрофотометрии при определении тяжелых металлов и высокоэффективной жидкостной хроматографии для выявления содержания 3,4-бенз(а)пирена. Представлены результаты исследований 660 проб почв из 19 мониторинговых точек на содержание семи загрязнителей (свинец, цинк, медь, никель, кадмий, хром и ртуть) за период 2008–2015 гг. и 144 проб на содержание 3,4-бенз(а)пирена за период 2013–2015 гг. Установлено, что приоритетными загрязняющими веществами из числа определяемых металлов являются цинк и свинец с содержанием в городских почвах до 5,91 и 1,95 ПДК. Комплексный показатель загрязнения городских почв варьировался в пределах от 1,61 до 2,02 при среднемноголетнем значении 1,83. Показано, что 3,4-бенз(а)пирен является существенным фактором риска для здоровья населения – превышение ПДК выявлено в 65,28 % исследованных проб почвы при средней и максимальной концентрациях (2,45 и 38,05 ПДК соответственно). Рекомендовано включение данного вещества в программу системных наблюдений за качеством среды обитания. Выявлены региональные особенности химического загрязнения почв селитебных территорий города, территорий дошкольных образовательных учреждений и зон рекреации.

Ключевые слова: гигиеническая оценка, социально-гигиенический мониторинг, оценка риска, факторы риска, химическое загрязнение почв, тяжелые металлы, 3,4-бенз(а)пирен, канцерогенный риск.

В решении проблем обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и гигиенической безопасности населения высокоактуальным является совершенствование национальной системы социально-гигиенического мониторинга на основе использования максимально полных объективных данных о состоянии компонентов системы «среда обитания – здоровье населения». Это позволяет существенно снизить влияние фактора неопреде-

ленности при разработке управленческих решений профилактического и оздоровительного характера. Внедрение современных высокоэффективных физико-химических методов, применяемых при гигиенической оценке компонентов среды обитания, приобретает особую значимость в связи с необходимостью реализации неотложных мер по совершенствованию отечественной методологии оценки и анализа риска, включая принципы гигиенического нор-

© Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Дерябкина Л.А., Синельникова Ю.А., 2017

Айдинов Геннадий Трфадович – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Международной академии наук, экологии, безопасности человека и природы, главный врач, заведующий кафедрой гигиены (e-mail: master@donses.ru; тел.: 8 (863) 251-04-92).

Марченко Борис Игоревич – доктор медицинских наук, профессор, научный консультант (e-mail: hie_sfu@mail.ru; тел.: 8 (8634) 37-16-35).

Дерябкина Людмила Александровна – кандидат медицинских наук, главный врач (e-mail: tagcgsgen@pbox.ttn.ru; тел.: 8 (8634) 64-29-62).

Синельникова Юлия Анатольевна – заведующий отделением социально-гигиенического мониторинга (e-mail: sgm@donses.ru; тел.: (863) 251-04-74).

мирования на основе оценки риска [2, 6, 7, 9, 11, 12, 13].

Формируемые в большинстве современных городов урбозэкосистемы характеризуются выраженными деструктивными явлениями во всех компонентах среды обитания, включая почвы селитебных территорий. Почва, являясь важнейшим компонентом среды жизнедеятельности человека, в значительной степени обусловливает параметры ее качества и безопасности, влияет на состояние здоровья населения и санитарно-гигиенические условия жизнедеятельности. Именно поэтому существенный интерес представляют данные динамического наблюдения за химическим загрязнением почв урбанизированных территорий и его изменениями под влиянием техногенной нагрузки. Это обусловлено тем, что содержание поллютантов в поверхностном горизонте городских почв, представляющих собой открытую динамическую систему, тесно связанную с атмосферой и гидросферой, свидетельствует об интенсивности и характере их антропогенной трансформации. Одним из обязательных направлений изучения распространенности экологически зависимых нозологических форм, включая злокачественные новообразования отдельных локализаций и форм процесса, среди населения крупных промышленных центров является динамическое наблюдение за параметрами геохимического загрязнения [1, 8, 10, 14, 18].

Среди накапливающихся в почве промышленных городов приоритетных ксенобиотиков и суперэкоотоксикантов с высокой степенью персистенции, потенциальных канцерогенов и модификаторов химического канцерогенеза, наряду со свинцом, хромом, кадмием и никелем, особое место занимает поллютант 1-го класса опасности – 3,4-бенз(а)пирен. Это наиболее распространенный в окружающей среде канцерогенный и мутагенный полициклический ароматический углеводород (ПАУ). Он содержится в выбросах стационарных источников промышленных предприятий и автомобильного транспорта. Вследствие процесса седиментации и выпадения с атмосферными осадками 3,4-бенз(а)пирен загрязняет почвенный покров, легко переходит в растения и включается в трофические цепи через продукцию растениеводства с выраженной биомagniфикацией. Таким образом, при ведении социально-гигиенического мониторинга и в системе экоаналитики высокую актуальность имеет определение 3,4-бенз(а)пи-

рена в почвах [1, 3, 5, 15, 16, 17, 19]. Так, при ранее выполненных в Ростовской области исследованиях по экологической оценке уровня загрязнения почв и растительности в зоне влияния выбросов Новочеркасской ГРЭС 3,4-бенз(а)пирен обнаружен в почвах и растениях в концентрациях, значительно (с кратностью до 39,2 раза) превышающих предельно допустимую [4]. Стоит отметить, что применение в системе социально-гигиенического мониторинга результатов измерения массовой доли 3,4-бенз(а)пирена существенно повышает информативность гигиенической оценки параметров химического загрязнения объектов окружающей среды, в том числе почв, предшествующей оценке риска здоровью.

Цель настоящего исследования – дать гигиеническую характеристику химического загрязнения почв города Таганрога по результатам социально-гигиенического мониторинга с учетом применения высокочувствительного метода определения 3,4-бенз(а)пирена.

Материалы и методы. При комплексной гигиенической оценке химического загрязнения почв селитебных территорий и зон рекреации города Таганрога Ростовской области использованы результаты исследований 660 проб на содержание семи поллютантов – свинца, цинка, меди, никеля, кадмия, хрома и ртути, отобранных за период 2008–2015 гг. Отбор проб почвы производился в 19 мониторинговых точках, 8 из которых относятся к территориям муниципальных дошкольных образовательных учреждений (МДОУ), 8 – к селитебным территориям, находящимся под воздействием выбросов автомобильного транспорта (вблизи перекрестков с интенсивным движением) и 3 – к зонам рекреации (Пушкинская набережная, Приморский парк и пляж «Солнечный»). Неблагоприятная ситуация по заболеваемости населения г. Таганрога злокачественными новообразованиями определила необходимость расширения номенклатуры санитарно-химических исследований с направленностью на применение процедуры оценки потенциального канцерогенного риска. Так, с 2013 г. начаты исследования объектов окружающей среды на содержание 3,4-бенз(а)пирена в рамках государственного задания при ведении социально-гигиенического мониторинга, в том числе почвы (за период 2013–2015 гг. исследовано 144 пробы). Определение содержания металлов в почвах производилось атомно-абсорбционным методом с использованием

спектрометра атомно-абсорбционного «Квант-2А». Применена методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в почвах, грунтах и осадках сточных вод методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (свидетельство № 27-08 от 04.03.2008 г.). Указанная методика выполнения измерений распространяется на почву и грунт и устанавливает определение массовой концентрации бенз(а)пирена методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием; обеспечивает получение результатов измерений массовой концентрации бенз(а)пирена в диапазонах 4–80 мкг/кг. Применяемое оборудование – стационарный хроматограф жидкостный «Стайер» с флуориметрическим детектором и персональный компьютер с установленным программным обеспечением «МультиХром для Windows XP» версии 1.5.

Степень химического загрязнения почвы оценивалось по комплексному показателю загрязнения почвы ($K_{\text{почва}}$). Для его определения использовалась сумма коэффициентов концентраций отдельных поллютантов (частных от деления фактического содержания веществ в почве на их предельно допустимую концентрацию) в соответствии с методическими рекомендациями Госкомсанэпиднадзора РФ № 01-19/17-17 от 26 февраля 1996 г. «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения». Комплексный показатель загрязнения почвы ($K_{\text{почва}}$) рассчитывался как в целом по городу, так и для отдельных категорий мониторинговых точек (территории МДОУ, селитебные территории вблизи перекрестков с интенсивным движением автомобильного транспорта и зоны рекреации). При обработке данных применялось специализированное программное обеспечение собственной разработки и профессиональный пакет статистических программ Statistical Package for Social Science (SPSS), version 13.0.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований за период 2008–2015 гг. свидетельствуют о том, что содержания меди, никеля и ртути в почве мониторинговых точек не превышали их предельно допустимых концентраций (ПДК). Средние концентрации данных металлов составили $23,03 \pm 1,04$; $20,48 \pm 0,55$ и $0,049 \pm 0,008$ мг/кг соответственно. А их долевой вклад в комплексный показатель за-

грязнения почвы – 4,08; 5,99 и 0,54 % соответственно.

Среди определяемых металлов наибольший показатель загрязнения приходится на цинк при средней концентрации $166,50 \pm 7,51$ мг/кг (0,76 ПДК) и долевом вкладе в $K_{\text{почва}}$ 17,71 %. Содержание цинка превышает ПДК в 15,76 % проб при максимальном показателе 5,91 ПДК. На втором ранговом месте находится свинец с превышением ПДК в 1,67 % исследованных проб, его среднее содержание в почвах $38,36 \pm 2,30$ мг/кг, максимальное – 1,95 ПДК и удельный вес в $K_{\text{почва}}$ 6,90 %. В 3 пробах почвы обнаружено превышение ПДК по содержанию кадмия (0,45 %), в 2 пробах – хрома (0,34 %). При этом максимальное содержание кадмия составляет 5,30 ПДК, хрома – 3,98 ПДК.

Выполненный сравнительный анализ показал, что наиболее высокие данные содержания таких металлов, как свинец, цинк, кадмий и хром, отмечены на селитебных территориях, находящихся под интенсивным воздействием выбросов автомобильного транспорта (перекрестки), при превышении ПДК в 3,11; 22,92; 1,19 и 0,79 % исследованных проб соответственно. Существенно ниже показатели загрязнения почвы на территориях муниципальных ДООУ, где в исследованных пробах отмечено превышение ПДК по содержанию свинца (0,69 %), цинка (12,80 %) и кадмия (0,35 %). Наиболее низкие показатели загрязнения почвы отмечены в зонах рекреации, где превышение ПДК цинка обнаружено в единичной пробе (табл. 1).

На протяжении изучаемого периода комплексный показатель загрязнения городских почв ($K_{\text{почва}}$), определяемый уровнем содержания семи металлов, варьировался в пределах от 1,606 до 2,019. Среднее значение составило 1,825, в том числе по территориям МДОУ – 1,956, по селитебным территориям вблизи перекрестков с интенсивным движением автомобильного транспорта – 1,910 и зонам рекреации – 1,077 (см. табл. 1, рис. 1).

Результаты, полученные в 2013–2015 гг., свидетельствуют о крайне высокой степени загрязнения почв города 3,4-бенз(а)пиреном. Так, из 144 исследованных проб превышение ПДК выявлено в 65,28 % случаев при средней фактической концентрации данного поллютанта $0,049 \pm 0,013$ мг/кг (2,45 ПДК). При этом максимальное зарегистрированное содержание его составляет 0,761 мг/кг (38,05 ПДК). Закономерно

Таблица 1

Показатели загрязнения почвы металлами в г. Таганроге Ростовской области
за период 2008–2015 гг.

Наименование показателя		В целом по Таганрогу за период 2008–2015 гг.	В том числе		
			территории МДОУ	селитебные террито- рии (перекрестки)	городские зоны рекреации
Число исследованных проб почвы	абс.	660	288	288	84
Свинец (ПДК – 130 мг/кг)					
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	1,67	10,69	3,11	0,00
Средняя фактическая концентрация	ПДК	0,295	0,282	0,351	0,145
Минимальная фактическая концентрация		0,008	0,008	0,025	0,010
Максимальная фактическая концентрация		1,953	1,759	1,953	0,922
Цинк (ПДК – 220 мг/кг)					
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	15,76	12,80	22,92	1,19
Средняя фактическая концентрация	ПДК	0,757	0,720	0,905	0,367
Минимальная фактическая концентрация		0,025	0,025	0,025	0,031
Максимальная фактическая концентрация		5,913	1,917	5,913	1,724
Медь (ПДК – 132 мг/кг)					
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	0,00	0,00	0,00	0,00
Средняя фактическая концентрация	ПДК	0,174	0,169	0,193	0,128
Минимальная фактическая концентрация		0,002	0,002	0,010	0,005
Максимальная фактическая концентрация		0,958	0,958	0,890	0,523
Никель (ПДК – 80 мг/кг)					
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	0,00	0,00	0,00	0,00
Средняя фактическая концентрация	ПДК	0,256	0,270	0,250	0,228
Минимальная фактическая концентрация		0,005	0,028	0,005	0,015
Максимальная фактическая концентрация		0,681	0,681	0,479	0,428
Кадмий (ПДК – 2 мг/кг)					
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	0,45	0,35	1,19	0,35
Средняя фактическая концентрация	ПДК	0,174	0,184	0,135	0,175
Минимальная фактическая концентрация		0,000	0,030	0,000	0,014
Максимальная фактическая концентрация		5,300	1,010	5,300	2,070
Хром (ПДК – 6 мг/кг)					
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	0,34	0,00	0,79	0,00
Средняя фактическая концентрация	ПДК	0,146	0,130	0,188	0,060
Минимальная фактическая концентрация		0,000	0,010	0,003	0,000
Максимальная фактическая концентрация		3,983	0,988	3,983	0,438
Ртуть (ПДК – 2,1 мг/кг)					
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	0,00	0,00	0,00	0,00
Средняя фактическая концентрация	ПДК	0,023	0,016	0,033	0,014
Минимальная фактическая концентрация		0,000	0,000	0,000	0,000
Максимальная фактическая концентрация		0,881	0,192	0,881	0,098

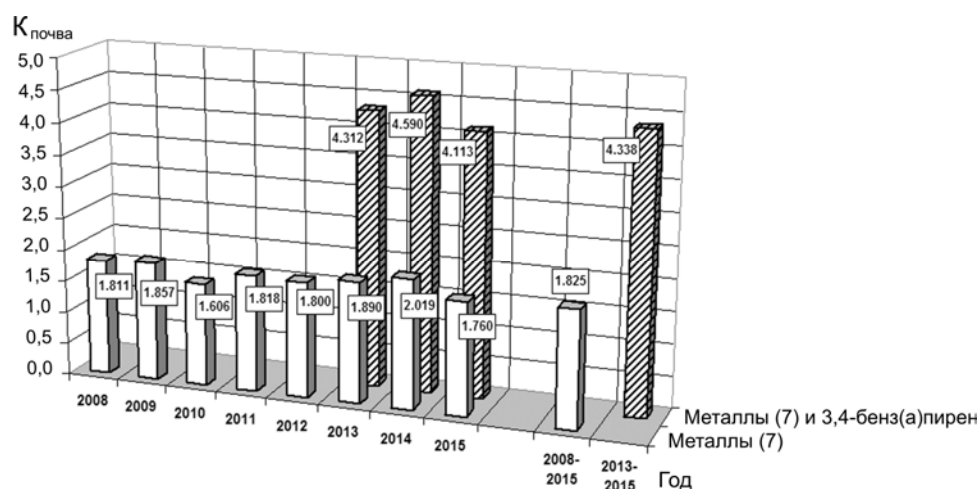


Рис. 1. Комплексный показатель химического загрязнения почв
в городе Таганроге за период 2008–2015 гг.

выше оказалось загрязнение 3,4-бенз(а)пиреном почв селитебных территорий вблизи от перекрестков с интенсивным движением автотранспорта. Превышение ПДК отмечено в 71,30 % исследованных проб при его средней фактической концентрации $0,053 \pm 0,016$ мг/кг (2,65 ПДК). В зонах рекреации степень загрязнения почвы 3,4-бенз(а)пиреном оказалась относительно ниже: ПДК было превышено в 50,00 % проб, при этом

средняя и максимальная концентрации составили 1,85 и 7,71 ПДК соответственно (табл. 2, рис. 2).

С учетом содержания 3,4-бенз(а)пирена при гигиенической оценке химического загрязнения почв существенно меняется величина и структура его комплексного показателя. Так, среднее значение комплексного показателя ($K_{\text{почва}}$) за последние три года составило 4,338, а долевое участие 3,4-бенз(а)пирена – 56,44 % (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2

Показатели загрязнения почвы 3,4-бенз(а)пиреном в г. Таганроге Ростовской области за период 2013–2015 гг.

Наименование показателя		Год наблюдения			В целом по Таганрогу за период 2013–2015 гг.	В том числе	
		2013	2014	2015		селитебные территории (перекрестки)	городские зоны рекреации
Число исследованных проб почвы	абс.	48	48	48	144	108	36
Число проб с превышением ПДК (0,02 мг/кг)	абс.	35	34	25	94	77	18
Удельный вес проб с превышением ПДК	%	72,92	70,83	52,08	65,28	71,30	50,00
Средняя фактическая концентрация	мг/кг	0,0484	0,0514	0,0471	0,0490	0,0529	0,0369
	ПДК	2,42	2,57	2,35	2,45	2,65	1,85
Ее предельная ошибка ($\pm \Delta$, $p < 0,05$)	мг/кг	0,0198	0,0114	0,0321	0,0127	0,0163	0,0128
Удельный вес загрязнителя в $K_{\text{почва}}$	%	56,17	56,00	57,20	56,44	58,92	63,41
Минимальная фактическая концентрация	мг/кг	0,0044	0,0077	0,0032	0,0032	0,0044	0,0032
	ПДК	0,22	0,39	0,16	0,16	0,22	0,16
Максимальная фактическая концентрация	мг/кг	0,3710	0,1542	0,7610	0,7610	0,7610	0,1542
	ПДК	18,55	7,71	38,05	38,05	38,05	7,71

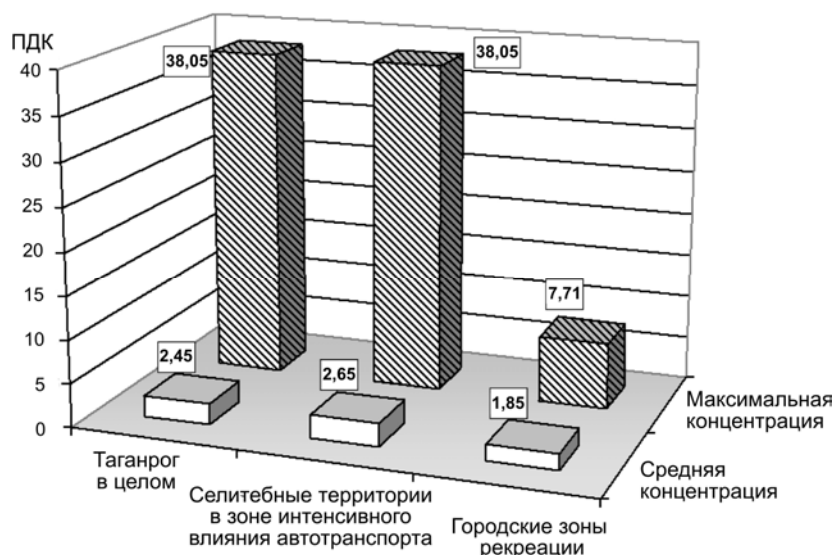


Рис. 2. Показатели загрязнения почвы 3,4-бенз(а)пиреном в г. Таганроге Ростовской области за период 2013–2015 гг.

Выводы. Таким образом, установлена высокая степень загрязнения почв города Таганрога 3,4-бенз(а)пиреном. Данный поллютант обладает высокой стабильностью, способностью к аккумуляции в природных экологических системах и включению в трофические це-

пи. Доказано его канцерогенное, мутагенное и тератогенное воздействие на человека. Целесообразным было бы исследование 3,4-бенз(а)пирена как приоритетного загрязняющего вещества. С нашей точки зрения, к перспективным направлениям совершенствования гигиениче-

ской оценки химического загрязнения почв в системе социально-гигиенического мониторинга относится интегрирование соответствующих баз данных в региональные геоинформационные системы (ГИС) и программные средства с выходом на оценку риска развития канцерогенных эффектов, обусловленных химическим загрязнением почв в Ростовской области. В соответствии с ГОСТ Р 51650-2000

«Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена» планируется проведение выборочных исследований на содержание 3,4-бенз(а)пирена в растениеводческой продукции (овощи, фрукты), выращенной на приусадебных участках города. Полученные при выполнении настоящей работы результаты будут являться основой для оценки риска здоровью населения.

Список литературы

1. Актуальность оценки многосредового канцерогенного риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих окружающую среду / В.И. Курчанов, Т.Е. Лим, И.А. Воецкий, С.А. Головин // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2015. – Т. 268, № 7. – С. 8–12.
2. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май [и др.] / под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – М., Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 738 с.
3. Бутенко Г.С., Полонская Д.Е. Содержание 3,4-бенз(а)пирена в почвах техногенно загрязненных территорий // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 7. – С. 86–90.
4. Горобцова О.Н., Назаренко О.Г., Минкина Т.М. Содержание 3,4-бенз(а)пирена в растительности, расположенной в зоне влияния Новочеркасской ГРЭС // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. – 2006. – № 3. – С. 63–66.
5. Кислицына Л.В. Гигиеническая оценка содержания загрязнителей в продуктах питания по данным социально-гигиенического мониторинга // *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. – 2013. – Т. 52, № 2–3. – С. 49–53.
6. Методы и технологии анализа риска здоровью в системе государственного управления при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения / Н.В. Зайцева, А.Ю. Попова, И.В. Май, П.З. Шур // *Гигиена и санитария*. – 2015. – Т. 94, № 2. – С. 93–98.
7. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // *Гигиена и санитария*. – 2015. – Т. 94, № 3. – С. 5–9.
8. Онищенко Г.Г. Химическая безопасность – важнейшая составляющая санитарно-эпидемиологического благополучия населения // *Токсикологический вестник*. – 2014. – № 1. – С. 2–6.
9. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России / С.Л. Авалиани, Л.Е. Безпалько, Т.Е. Бобкова, А.Л. Мишина // *Гигиена и санитария*. – 2013. – № 1. – С. 33–36.
10. Полициклические ароматические углеводороды в почвах техногенных ландшафтов / Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко, Е.В. Яковлева // *Геохимия*. – 2010. – Т. 48, № 6. – С. 606–617.
11. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиций сохранения здоровья нации // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2014. – Т. 251, № 2. – С. 4–7.
12. Рахманин Ю.А., Малышева А.Г. Концепция развития государственной системы химико-аналитического мониторинга окружающей среды // *Гигиена и санитария*. – 2013. – № 6. – С. 4–9.
13. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // *Гигиена и санитария*. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 5–10.
14. Унгурану Т.Н. Многосредовой канцерогенный риск для здоровья населения промышленного города // *Гигиена и санитария*. – 2011. – № 6. – С. 77–80.
15. Феттер В.В. Оценка риска для здоровья населения химической контаминации продуктов питания и продовольственного сырья // *Анализ риска здоровью*. – 2013. – № 4. – С. 54–63. DOI: 10.21668/health.risk/2013.4.07.
16. Фролова О.А., Карпова М.В. Оценка риска развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов при употреблении продуктов питания // *Гигиена и санитария*. – 2012. – № 5. – С. 107–108.
17. Food safety risk analysis – A guide for national food safety authorities [Электронный ресурс] // *FAO food and nutrition paper*. – Rome, 2006. – Vol. 87. – 50 p. – URL: www.fao.org/docrep/012/a0822e/a0822e.pdf (дата обращения: 22.09.2016).
18. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Estrogenic Compounds in Experimental Flue Gas Streams / W. Muthumbi, P. De Boever, J.G. Pieters, S. Siciliano, W. D'Hooget, W. Verstraete // *Journal of Environmental Quality*. – 2013. – Vol. 32. – P. 417–422.
19. Soil-to-Root Transfer and Translocation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Vegetables Grown on Industrial Contaminated Soils / J. Fismes, C. Perrin-Ganier, P. Empereur-Bissonnet, J.L. Morel // *Journal of Environmental Quality*. – 2002. – Vol. 31. – P. 1649–1656.

Химическое загрязнение почв города Таганрога как фактор риска для здоровья населения / Г.Т. Айдинов, Б.И. Марченко, Л.А. Дерябкина, Ю.А. Синельникова // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 13–20. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.02

UDC 614.7

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.02.eng

CHEMICAL FACTORS OF SOIL POLLUTION IN TAGANROG AS POPULATION HEALTH RISK FACTORS

G.T. Aydinov^{1,2}, B.I. Marchenko^{1,3}, L.A. Deryabkina¹, Yu.A. Sinelnikova¹

¹Center of Hygiene and Epidemiology in the Rostov region, 67 7-th Line Str., Rostov-on-Don, 344019, Russian Federation

²Rostov State Medical University, 29 Nakhichevanskiy pereulok, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation

³Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation

Our research goal was to perform a hygienic assessment of soil pollution with chemicals on areas aimed for housing and recreation zones in Taganrog, Rostov region. Due to the fact that surface layer of city soils is an open dynamic system which is tightly connected to atmosphere and hydrosphere we treated pollutants content in soils as indicators of territory anthropogenic transformation and technogenic load on population. We used atomic-adsorption spectrophotometry to detect heavy metals and highly efficient liquid chromatography to detect 3,4-benzpyrene content. The results comprise 660 examined soil samples taken from 19 monitoring points; they were examined to detect 7 pollutants content (lead, zinc, copper, nickel, cadmium, chromium, and mercury) over 2008–2015; 144 samples were examined to detect 3,4-benzpyrene content over 2013–2015. We determined that priority pollutants among detected metals were zinc and lead; their content in city soils amounted up to 5.91 and 1.95 maximum permissible concentration. Complex indicator of city soils contamination varied from 1.61 to 2.02, long-term average annual value being 1.83. 3,4-benzpyrene was confirmed to be a substantial risk factor for population health as its concentrations exceeded maximum allowable values in 65.28 % of examined soil samples at average and maximum concentrations (2.45 and 38.05 MPC correspondingly). We recommend to include this chemical into systematic environmental quality monitoring. We detected regional peculiarities of soil pollution with chemicals on city territories aimed for housing, territories of pre-school children facilities, and recreation zones.

Key words: hygienic assessment, social-hygienic monitoring, risk assessment, risk factors, chemical soils pollution, heavy metals, 3,4-benzpyrene, carcinogenic risk.

References

1. Kurchanov V.I., Lim T.E., Voetskii I.A., Golovin S.A. Aktual'nost' otsenki mnogosredovogo kantserogenного риска dlya zdorov'ya naseleniya ot vozdeistviya khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [The relevance of assessment of multicompartiment carcinogenic risk to health from exposure to chemicals that pollute the environment]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2015, vol. 268, no. 7, pp. 8–12 (in Russian).
2. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Popova A.Yu., Alekseev V.B. [et al]. Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: monografiya [Health risk analysis in the strategy of state social and economic development: monograph]. In: G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva eds. Moscow, Perm', Izd-vo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta Publ., 2014, 783 p. (in Russian).
3. Butenko G.S., Polonskaya D.E. Soderzhanie 3,4-benz (a) pirena v pochvakh tekhnogenno zagryaznennykh territorii [3,4-benz (a) pyrene availability in the tehnogenically polluted territory soils]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2012. – № 7. – S. 86–90 (in Russian).
4. Gorobtsova O.N., Nazarenko O.G., Minkina T.M. Soderzhanie 3,4-benz (a) pirena v rastitel'nosti, raspolozhennoi v zone vliyaniya Novoherkasskoi GRES [The content of 3,4-benzo (a) pyrene in vegetation located in the zone of influence of the Novoherkassk Thermal Power]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki*, 2006, no. 3, pp. 63–66 (in Russian).

© Aydinov G.T., Marchenko B.I., Deryabkina L.A., Sinelnikova Yu.A., 2017

Gennadiy T. Aydinov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding member of the International Academy of Science, ecology, safety of human and nature, Chief Doctor, Head of the Hygiene Department (e-mail: master@donses.ru; tel.: +7 (863) 251-04-92).

Boris I. Marchenko – Doctor of Medical Sciences, professor, research consultant (e-mail: hie_sfu@mail.ru; tel.: +7 (863) 464-29-62).

Lyudmila A. Deryabkina – Candidate of Medical Sciences, Head Physician (e-mail: tagcgsen@pbox.ttn.ru; tel.: +7 (8634) 64-29-62).

Juliya A. Sinelnikova – Head of the Social and Epidemiological Monitoring Department (e-mail: sgm@donses.ru; tel.: +7 (863) 251-04-74).

5. Kislitsyna L.V. Gigienicheskaya otsenka soderzhaniya kontaminantov v produktakh pitaniya po dannym sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa [Hygienic assessment of the content of contaminants in food products according to socio-hygienic monitoring]. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka*, 2013, vol. 52, no. 2–3, pp. 49–53 (in Russian).
6. Zaitseva N.V., Popova A.Yu., May I.V., Shur P.Z. Metody i tekhnologii analiza riska zdorov'yu v sisteme gosudarstvennogo upravleniya pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya [Methods and technologies of health risk analysis in the system of state management under assurance of the sanitation and epidemiological welfare of population]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 2, pp. 93–98 (in Russian).
7. Onishchenko G.G. Aktual'nye zadachi gigienicheskoi nauki i praktiki v sokhranении zdorov'ya naseleniya [Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of Public health]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 5–9 (in Russian).
8. Onishchenko G.G. Khimicheskaya bezopasnost' – vazhneishaya sostavlyayushchaya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya [Chemical safety is the most important constituent of the sanitary and epidemiological well-being of population]. *Toksikologicheskii vestnik*, 2014, no. 1, pp. 2–6 (in Russian).
9. Avaliani S.L., Bezpalko L.E., Bobkova T.E., Mishina A.L. Perspektivnye napravleniya razvitiya metodologii analiza riska v Rossii [The perspective directions of development of methodology of the analysis of risk in Russia]. *Gigiena i sanitariya*, 2013, no. 1, pp. 33–36 (in Russian).
10. Gabov D.N., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M., Yakovleva E.V. Politsiklicheskie aromaticcheskie uglevodorody v pochvakh tekhnogennykh landshaftov [Polycyclic aromatic hydrocarbons in the soils of technogenic landscapes]. *Geokhimiya*, 2010, vol. 48, no. 6, pp. 606–617 (in Russian).
11. Popova A.Yu. Strategicheskie priority Rossiiskoi Federatsii v oblasti ekologii s pozitsii sokhraneniya zdorov'ya natsii [Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2014, vol. 251, no. 2, pp. 4–7 (in Russian).
12. Rakhmanin Yu.A., Malysheva A.G. Kontseptsiya razvitiya gosudarstvennoi sistemy khimiko-analiticheskogo monitoringa okruzhayushchei sredy [The concept of the development of the state of chemical-analytical environmental monitoring]. *Gigiena i sanitariya*, 2013, no. 6, pp. 4–9 (in Russian).
13. Rakhmanin Yu.A., Mikhailova R.I. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e: priority profilakticheskoi meditsiny [Environment and Health: Priorities for Preventive Medicine]. *Gigiena i sanitariya*, 2014, vol. 93, no. 5, pp. 5–10 (in Russian).
14. Unguryanu T.N. Mnogosredovyi kantserogennyi risk dlya zdorov'ya naseleniya promyshlennogo goroda [Multiple environmental population health risk for cancer in industrial town]. *Gigiena i sanitariya*, 2011, no. 6, pp. 77–80 (in Russian).
15. Fetter V.V. Otsenka riska dlya zdorov'ya naseleniya khimicheskoi kontaminatsii produktov pitaniya i proizvodstvennogo syr'ya [Human health risk assessment of the chemical contamination of food products and raw foods]. *Health Risk Analysis*, 2013, no. 4, pp. 54–63. DOI: 10.21668/health.risk/2013.4.07.eng.
16. Frolova O.A., Karpova M.V. Otsenka riska razvitiya kantserogennykh i nekantserogennykh effektov pri upotreblenii produktov pitaniya [Risk assessment of carcinogenic and non-carcinogenic effects in the use of food]. *Gigiena i sanitariya*, 2012, no. 5, pp. 107–108 (in Russian).
17. Food safety risk analysis – A guide for national food safety authorities. *FAO food and nutrition paper*. Rome, 2006, vol. 87, 50 p. Available at: www.fao.org/docrep/012/a0822e/a0822e.pdf (22.09.2016)
18. Muthumbi W., De Boever P., Pieters J.G., Siciliano S., D'Hooghe W., Verstraete W. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Estrogenic Compounds in Experimental Flue Gas Streams. *Journal of Environmental Quality*, 2013, vol. 32, pp. 417–422.
19. Fismes J., Perrin-Ganier C., Empereur-Bissonnet P., Morel J.L. Soil-to-Root Transfer and Translocation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Vegetables Grown on Industrial Contaminated Soils. *Journal of Environmental Quality*, 2002, vol. 31, pp. 1649–1656.

Aydinov G.T., Marchenko B.I., Deryabkina L.A., Sinelnikova Yu.A. Chemical factors of soil pollution in taganrog as population health risk factors. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 13–20. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.02.eng

Получена: 08.12.2017

Принята: 06.02.2017

Опубликована: 30.03.2017

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ РИСКА

УДК 616.98: 579.835.12

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.03

ВЛИЯНИЕ *HELICOBACTER PYLORI* НА ДИФФЕРЕНЦИРОВКУ Т-РЕГУЛЯТОРНЫХ КЛЕТОК

А.В. Матвейчев¹, М.В. Талаева¹, В.Ю. Талаев¹, Н.В. Неумоина¹, К.М. Перфилова¹, Д.Г. Лапаев², Е.В. Мохонова¹, М.И. Цыганова¹, В.Н. Коптелова¹, З.И. Никитина¹, В.А. Лапин^{1,3}, Д.А. Мелентьев³

¹ Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной, Россия, 603950, Нижний Новгород, ул. Малая Ямская, 71

² Городская клиническая больница № 7, Россия, 170036, г. Тверь, Петербургское ш., 76/1

³ Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Россия, 603022, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23

Оценка риска возникновения инфекций, вызываемых грамотрицательной бактерией Helicobacter pylori, является актуальной проблемой для здравоохранения в связи с широтой распространения возбудителя, обширным спектром вызываемых патологий, включающим злокачественные новообразования желудочно-кишечного тракта. Возбудитель склонен к длительному, хроническому персистированию, несмотря на его «хрупкость» и высокую требовательность к условиям культивирования. Проблема персистенции при этом представляет особенный интерес в связи с наличием данных о способности Helicobacter pylori изменять протекание иммунного ответа у инфицированных лиц в сторону благоприятных для себя супрессивных, регуляторных форм иммунных реакций как на уровне желудка, так и на уровне всего организма в целом. Цель работы состояла в оценке способности Helicobacter pylori стимулировать дифференцировку Т-регуляторных CD4+CD25+FoxP3+клеток человека – основных медиаторов регуляции иммунного ответа – в условиях прямого контакта между бактериями и Т-клетками, без участия наиболее профессиональных антигенпрезентирующих клеток. Объектами исследования являлись клинические изоляты Helicobacter pylori и образцы Т-лимфоцитов лиц, не имевших в анамнезе Helicobacter pylori-инфекции, совместно

© Матвейчев А.В., Талаева М.В., Талаев В.Ю., Неумоина Н.В., Перфилова К.М., Лапаев Д.Г., Мохонова Е.В., Цыганова М.И., Коптелова В.Н., Никитина З.И., Лапин В.А., Мелентьев Д.А., 2017

Матвейчев Алексей Валерьевич – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией иммунохимии (e-mail: aleksei_matveichev@list.ru; тел.: 8-831-469-79-56).

Талаева Мария Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной иммунологии (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 469-79-48).

Талаев Владимир Юрьевич – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией клеточной иммунологии (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 469-79-48).

Неумоина Наталья Викторовна – кандидат медицинских наук, главный врач клиники инфекционных болезней (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 433-01-68).

Перфилова Ксения Михайловна – кандидат медицинских наук, заместитель главного врача по экспертной работе клиники инфекционных болезней (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 433-74-66).

Лапаев Даниил Геннадьевич – заведующий эндоскопическим отделением (e-mail: muz_gb7@mail.ru; тел.: 8 (482) 255-42-72).

Мохонова Екатерина Валерьевна – младший научный сотрудник лаборатории иммунохимии (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 469-79-56).

Цыганова Мария Игоревна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунохимии (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 469-79-56).

Коптелова Валентина Николаевна – старший лаборант лаборатории иммунохимии (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 469-79-56).

Никитина Зоя Игоревна – младший научный сотрудник лаборатории иммунохимии (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 469-79-56).

Лапин Владислав Александрович – препаратор лаборатории иммунохимии, студент (e-mail: micro@sinn.ru; тел.: 8 (831) 469-79-56).

Мелентьев Дмитрий Александрович – студент (e-mail: unn@unn.ru; тел.: 8 (831) 462-32-02).

культивируемые в условиях *in vitro*. Изменение содержания Т-регуляторных клеток оценивали цитофлюорометрически. Установлено, что при 18-часовом сокультивировании Т-лимфоцитов и *Helicobacter pylori* в соотношениях от 1: 10 до 1: 50 в культурах повышается содержание Т-регуляторных клеток в среднем в 2,12 раза. Данный эффект не требует наличия в культуре дендритных клеток и, по-видимому, затрагивает Т-лимфоциты, исходяно коммитированные в своем развитии в сторону Т-регуляторных клеток. Также, по мнению авторов, влияние на дифференцировку Т-регуляторных клеток является специфическим свойством *Helicobacter pylori*.

Ключевые слова: *Helicobacter pylori*, лимфоциты, Т-регуляторные клетки, дифференцировка, костимуляция, антитела, проточная цитофлюорометрия, клеточные культуры.

Helicobacter pylori (*H. pylori*) представляет собой грамнегативную изогнутую палочку, избирательно колонизирующую слизистую желудка и двенадцатиперстной кишки (ДПК) человека. На текущий момент *H. pylori* считается этиологическим агентом острых и хронических форм гастрита, ведущим этиопатогенетическим фактором язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, карциномы и MALT-лимфомы желудка [1, 10]. Для успешной колонизации слизистой желудка и ДПК *H. pylori* должен преодолеть множественные механизмы врожденной и адаптивной иммунной системы организма хозяина, включающие острую нейтрофильную и лимфоцитарную инфильтрацию зоны поражения, продукцию специфичных к бактерии IgM и IgA [2]. Однако, несмотря на развитие иммунного ответа, *H. pylori* может успешно персистировать в желудке в течение десятилетий [8].

Одним из механизмов, благоприятствующих длительному сохранению *H. pylori* в организме хозяина, несомненно, является повышение содержания CD4+CD25+FoxP3+ Т-регуляторных клеток, наблюдаемое, как минимум, на поздних стадиях инфицирования [9]. Т-регуляторные клетки (Т-рег) представляют собой специализированную субпопуляцию CD4+ Т-лимфоцитов, способную подавлять активность других типов лимфоидных клеток и либо предотвращать, либо снижать интенсивность врожденного и адаптивного иммунного ответа. Основной физиологической ролью Т-рег является поддержание периферической толерантности [12], отсутствие или недостаточность Т-рег ведут к развитию тяжелых патологий аутоиммунного происхождения [11]. В то же время известно, что избыточное действие Т-рег может благоприятствовать как инфекционному процессу, так и прогрессии опухолей [13, 16].

Механизм, с помощью которого *H. pylori* индуцирует повышение числа Т-рег, до сих пор точно не определен, несмотря на то что показано иммунорегуляторное действие Т-рег, индуцируемых хеликобактериозом. Так, в частности, известно, что у экспериментальных животных,

пораженных *H. pylori*, легче протекают экспериментальные аутоиммунные заболевания [5, 15]. Попытка воспроизвести генерацию Т-регуляторных клеток с помощью наиболее охарактеризованной модели индукции иммунных реакций (активации Т-лимфоцитов стимулированным хеликобактером дендритными клетками) приводила к противоречивым, разнонаправленным результатам. Происходила индукция как Т-рег, так и Т-хелперов 1-го и 17-го типов – активных стимуляторов иммунного ответа [14]. Более того, если в эксперименте одновременно детектировались сдвиги иммунного ответа как в сторону ингибирующих Т-рег, так и в сторону стимулирующих Т-хелперов 1-го и 17-го типов, то как исходные, так и современные работы отмечали смешанный иммунный ответ, без значительного превалирования какой-либо из сторон [7, 8]. По нашему мнению, имеющиеся данные свидетельствуют о наличии дополнительных механизмов, управляющих дифференцировкой Т-рег. Таковыми механизмами могут быть либо условия микроокружения желудка, либо непосредственное прямое действие на лимфоциты самого возбудителя, способного входить с ними в контакт в условиях слизистой. Гипотеза прямого контактного действия при этом является наиболее легко проверяемой и имеющей ограниченное экспериментальное подтверждение [3, 4, 6].

Целью нашей работы стала оценка наличия и степени выраженности влияния *H. pylori* на дифференцировку Т-рег в условиях прямого контакта между бактериями и Т-клетками, а также без участия дендритных клеток – наиболее активных антигенпрезентирующих клеток иммунной системы.

Материалы и методы. Объектами исследования служили образцы цельной периферической крови лиц – пациентов гастроэнтерологического профиля ($n = 6$), не имевших в анамнезе и по данным объективных методов исследования *H. pylori*-инфекции, а также клинические изоляты *H. pylori*, полученные в ходе диагностических ФГС. Кровь забиралась в объеме 8–9 мл, однократно, в вакуумные пробирки,

содержащие гепарин натрия (Vacuette, Германия). Пробы брались в работу не позднее чем через 2 часа после забора. Из проб крови производилось выделение мононуклеарных клеток периферической крови (МНПК) путем центрифугирования (45 мин, 1500 об./мин) на градиенте плотности «Диаколл-1077» («ДиаЭм», Россия). Полученные МНПК методом адгезии на пластике (2 часа) разделяли на адгезивную моноцитарную и неадгезивную лимфоцитарную фракции. В дальнейшей работе использовалась только фракция лимфоцитов. *H. pylori* выделяли из биопсийного материала, полученного при диагностических ФГС из антрального отдела и тела желудка от пациентов с положительным уреазным тестом. Материал механически измельчался и высевался на колумбийский агар (Becton Dickinson, США) с добавлением 10%-ной дефибринизированной донорской крови, а также антибиотиков для подавления роста сторонней микрофлоры и грибов (10 мкг/л ванкомицина, 5 мг/л триметоприма, 2 мг/л нистатина, все – Teva, Израиль). Культивирование производили в микроаэрофильных условиях, при 37 °С, в течение 7 суток. Идентификацию хеликобактера осуществляли на основании культуральных и морфологических признаков. Для оценки влияния *H. pylori* на дифференцировку лимфоцитов в сторону Т-регуляторных клеток производилось сокультивирование лимфоцитов с различными концентрациями бактерий (использовались соотношения лимфоцитов к *H. pylori* как 1:10, 1:20, 1:50) в течение 18 часов в условиях: 5 % CO₂, 37 °С, среда RPMI-1640 (Gibco, США) с добавлением 10%-ной эмбриональной телячьей сыворотки и 0,3 г/л L-глутамина («ПанЭко», Россия). Часть лимфоцитов сокультивировалась с бактериями в присутствии дополнительных стимуляторов – моноклональных антител к молекуле CD3 (1 мкг/мл, eBioscience, США), или смеси антител к CD3 и CD28 (1 мкг/мл, eBioscience, США и 3 мкг/мл, Beckman Coulter, Франция). Негативными контролями для всех вариантов культур служили лимфоциты без добавления *H. pylori*. Дополнительным контролем являлись лимфоциты, культивируемые с *E. coli* в соотношении 1:50, как в отсутствии, так и в присутствии антител. По истечении 18 часов в культурах цитофлюориметрически оценивалось содержание Т-регуляторных лимфоцитов как клеток фенотипа CD4+CD25+FoxP3+. Для окрашивания указанных маркеров применялись антитела к CD4, меченные FITC, антитела к CD25, меченные

APC, антитела к FoxP3, меченные PE, все – производства eBioscience, США. Пермеабиллизацию мембран, необходимую для мечения FoxP3, производили набором «Foxp3 / Transcription Factor Staining Buffer Set» (eBioscience, США) согласно инструкциям производителя. Анализ осуществляли на цитофлюориметре FACS Calibur (Beckton Dickinson, США). Для статистической обработки данных использовался критерий Ньюмена–Кейлса.

Результаты и их обсуждение. Данные оценки влияния *H. pylori* на дифференцировку лимфоцитов в сторону Т-рег при отсутствии в культурах дендритных клеток представлены на рис. 1 и 2. Как можно видеть, добавление *H. pylori* к культуре Т-клеток приводило к достоверному повышению числа Т-регуляторных CD4+CD25+FoxP3+ клеток через 18 часов совместного культивирования (среднее содержание Т-рег в культурах без стимуляции бактериями составляло $6,01 \pm 0,72$ % от всех CD4+клеток, при добавлении *H. pylori* в соотношении 1:10 содержание Т-рег увеличивалось до $15,04 \pm 1,97$ %, $p < 0,01$).

Содержание клеток в культурах с соотношением лимфоцитов к бактериям 1:20 и 1:50 также было достоверно выше контрольных значений нестимулированных лимфоцитов ($12,7 \pm 1,53$ % для 1:20 и $10,42 \pm 1,97$ % для 1:50, отличие от контроля достоверно, $p < 0,01$).

В то же время, как можно видеть, в ряду соотношений наблюдалась тенденция к обратной дозовой зависимости. Соотношение 1:10 показало наибольший прирост содержания Т-рег, который снижался при увеличении числа бактерий в культурах. Однако данная тенденция осталась статистически недостоверной. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о наличии действия *H. pylori* на отвечающие Т-лимфоциты, не зависимо от присутствия в культуре наиболее профессиональных антигенпрезентирующих клеток – дендритных, и, по нашему мнению, опосредуемых прямым контактом между бактериями и отвечающими Т-лимфоцитами. В то же время в данных условиях эксперимента не исключена роль присутствующих в культурах В-лимфоцитов, также имеющих антигенпрезентирующие свойства. Для исключения их влияния в дальнейшем будут произведены работы с деpleцией В-клеток.

Для проверки значимости кокультуры нами были поставлены дополнительные варианты культур с применением не только бактерий,

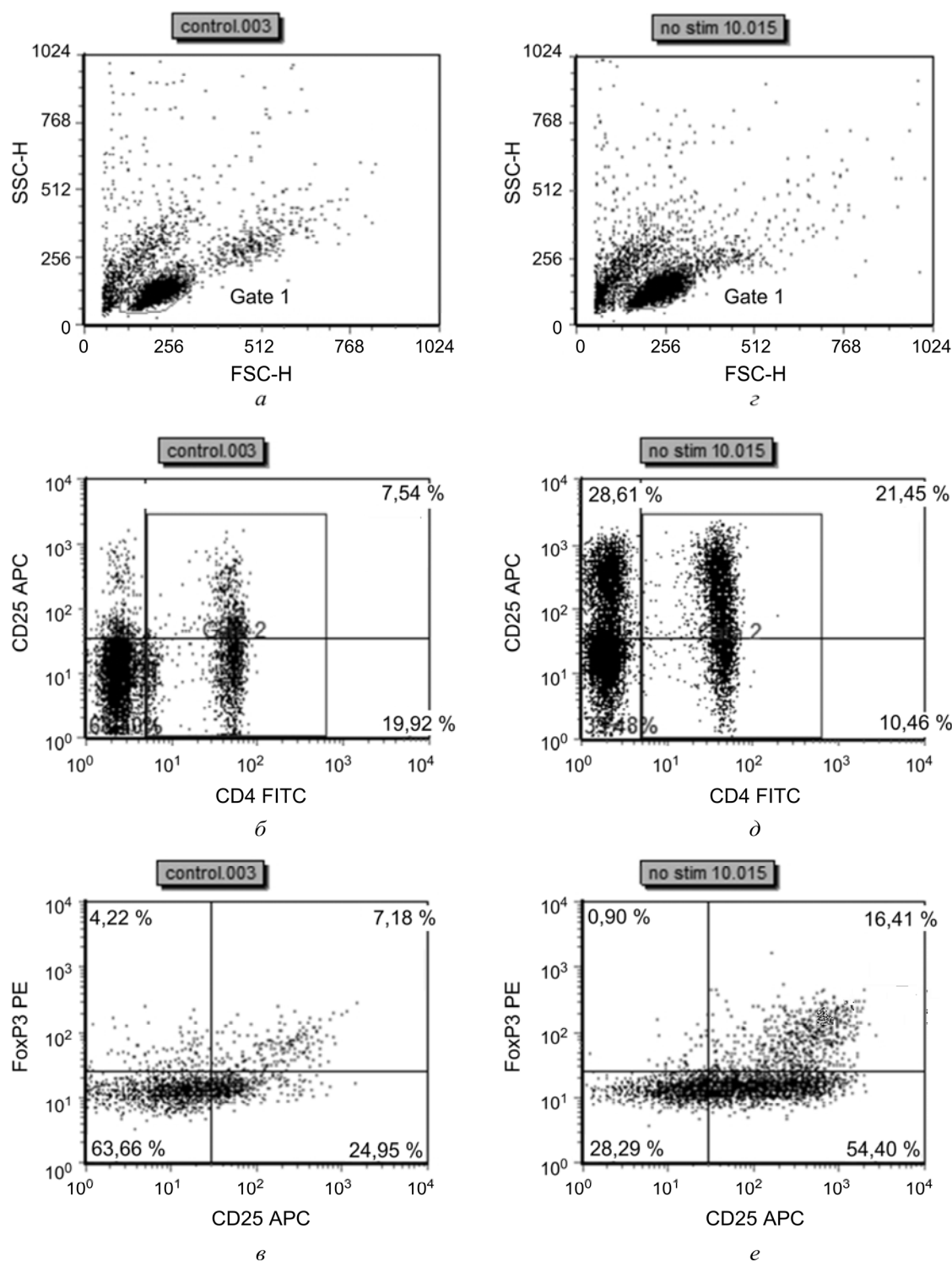


Рис. 1. *H. pylori* повышает содержание Т-регуляторных клеток при прямом сокультивировании с лимфоцитами: *a* – *в* – данные репрезентативного эксперимента, содержание Т-регуляторных клеток в контрольных культурах без *H. pylori* (*a* – распределение клеток по светорассеиванию, *б* – выделение CD4+CD25+ клеток, *в* – выделение FoxP3+ Т-регуляторных клеток, оцениваемая популяция находится в верхнем правом квадранте); *z* – *e* – данные репрезентативного эксперимента, содержание Т-регуляторных клеток в культурах, росших в присутствии *H. pylori* (*z* – распределение клеток по светорассеиванию, *д* – выделение CD4+CD25+ клеток, *e* – выделение FoxP3+ Т-регуляторных клеток, оцениваемая популяция находится в верхнем правом квадранте). Оцениваемые маркеры и регистрируемые параметры указаны по осям, процентное соотношение клеток – в углах квадрантов

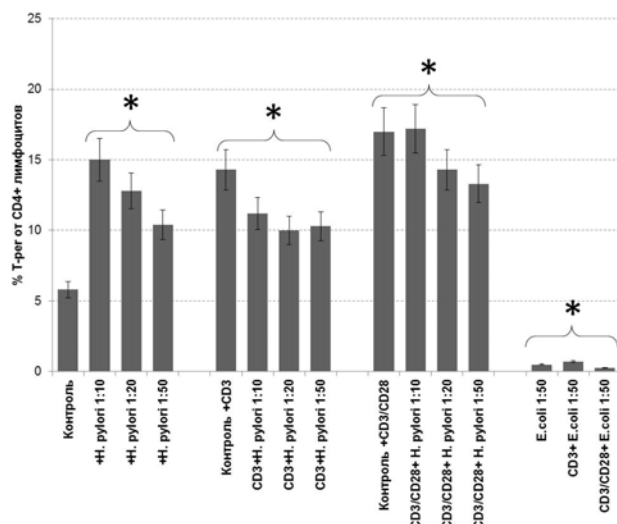


Рис. 2. Влияние *H. pylori* на дифференцировку Т-регуляторных клеток. Варианты стимуляции обозначены под диаграммой. Контроль – лимфоциты без добавления бактерий и антител; * достоверные отличия от контрольной культуры, $p < 0,01$

но и стимулирующих антител к CD3 и CD28, предоставляющих Т-клеткам сигнал, подобный стимуляции от АПК. Данные анализа культур с добавлением антител также приведены на рис. 2. Как можно видеть, стимуляция антителами сразу приводила к появлению в культуре достаточно высоких уровней содержания Т-рег ($14,0 \pm 1,29$ % Т-рег для культур с добавлением только CD3 без *H. pylori*, $16,54 \pm 2,13$ % для культур с добавлением смеси CD3 и CD28 – модель более полной стимуляции, опять же без добавления *H. pylori*). Введение в культуры *H. pylori* не приводило к увеличению содержания Т-рег (для культур с CD3 содержание Т-рег составляло $11,25 \pm 1,06$ % для соотношения 1:10, $10,04 \pm 1,14$ – для соотношения 1:20, $10,28 \pm 1,54$ % – для соотношения 1:50, достоверных отличий от культуры с CD3 без *H. pylori* нет; для культур со смесью CD3 и CD28 содержание Т-рег $16,93 \pm 3,74$ % для соотношения 1:10, $13,95 \pm 2,13$ % – для соотношения 1:20, $12,82 \pm 1,28$ % – для соотношения 1:50, достоверных отличий от культуры со смесью CD3+CD28 без *H. pylori* нет). Как и в случае с культурами, стимулированными только *H. pylori*, наблюдалась тенденция к обратной дозовой зависимости между дозой микроба в культуре и содержанием Т-рег.

Все значения содержания Т-рег в культурах с CD3 и CD3+CD28 достоверно отличались от содержания Т-рег в культурах лимфоцитов

без антител и *H. pylori* ($p < 0,01$) и не отличались от культур, стимулированных *H. pylori* без антител. Таким образом, *H. pylori* стимулирует дифференцировку лимфоцитов в сторону Т-рег на уровне активации антителами. Отсутствие повышения числа Т-рег в культурах, стимулированных одновременно *H. pylori* и антителами, по-видимому, объясняется поликлональным характером активирующего действия антител, которые вызвали дифференцировку всех CD4+ Т-клеток, исходно имевших коммитирование к развитию в сторону Т-рег.

Для проверки специфичности действия *H. pylori* нами применялись культуры лимфоцитов, стимулированные другим микроорганизмом, обитающим в желудочно-кишечном тракте человека – *Escherichia coli* (*E.coli*).

Используемые нами культуры лимфоцитов и *E. coli* росли как в отсутствии, так и в присутствии антител к CD3 и CD28. Соотношение лимфоцитов и *E. coli* составляло 1:50. Как можно видеть из рис. 1, *E. coli* не вызвала созревания Т-рег в культурах и препятствовала стимулирующему действию антител. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что стимулирующее дифференцировку Т-рег влияние является свойством именно *H. pylori* и, по всей видимости, не опосредуется паттернами патогенов (сходными у *H. pylori* и *E.coli* – подвижных грамотрицательных микроорганизмов).

Выводы. Оценка способности микроорганизмов модулировать иммунный ответ, в особенности, если подобное модулирование способствует выживанию микроорганизма во внутренней среде хозяина, является актуальной фундаментальной и практической задачей. Понимание данных механизмов, несомненно, может способствовать как прогнозированию возможных рисков, обусловленных микроорганизмом, так и повышению эффективности терапевтических подходов к патологиям, обусловленным данным микроорганизмом. В представленной работе нами показана способность *H. pylori* оказывать дифференцировочное действие на Т-лимфоциты, направляющее их развитие в сторону Т-регуляторных клеток. При отсутствии в культурах дендритных клеток – популяции иммуноцитов, процесс, по современным данным, имеет наиболее выраженную способность управлять течением иммунного ответа. В пределах исследуемой группы данное действие наблюдалось при соотношениях микробов и Т-клеток от 1:10 до 1:50, не требовало присутствия в куль-

турах АПК или стимулирующих антител. В среднем рост процентного содержания Т-регуляторных CD4+CD25+FoxP3+ клеток среди CD4+лимфоцитов составлял 2,12 раза. По всей видимости, в условиях данного эксперимента воздействие *H. pylori* затрагивало клетки, исходно коммитированные к развитию в сторону Т-рег, так как поликлональная стимуляция антителами к CD28 и/или CD3 «поглощала» эффект от введения бактерий – культуры, стимулированные только антителами, а также антителами одновременно с *H. pylori*, статистически не отличались по содержанию Т-рег. Дифференцирующее действие, по всей видимости, являлось специфическим свойством именно *H. pylori*, так как стимуляция лимфоцитов с помощью другого

микроорганизма, способного длительно выживать в условиях ЖКТ – *E. coli* – не вызывала повышения содержания Т-регуляторных клеток. Таким образом, нами была принципиально продемонстрирована способность *H. pylori* оказывать влияние на дифференцировку регуляторных Т-клеток, не опосредуемая презентацией микробных антигенов дендритными клетками, но, по всей видимости, зависящая именно от прямого воздействия микроба на Т-клетки. Понимание данного механизма может позволить выделить действующее начало, индуцирующее развитие Т-рег и, таким образом, потенциально являющееся естественным толерогенным фактором, применимым в качестве лекарственного средства.

Список литературы

1. Методы лабораторной диагностики инфекции, обусловленной *Helicobacter pylori*: пособие для врачей / А.Б. Жебрун, А.В. Сварваль, Р.С. Ферман, Л.Б. Гончарова. – СПб.: ФБУН НИИЭМ имени Пастера, 2014. – 60 с.
2. Evidence for transepithelial dendritic cells in human *H. pylori* active gastritis / V. Necchi, R. Manca, V. Ricci, E. Solcia // *Helicobacter*. – 2009. – Vol. 14, № 3. – P. 208–222.
3. *Helicobacter pylori* induces activation of human peripheral $\gamma\delta$ + T lymphocytes / B. Romi, E. Soldaini, L. Pancotto, F. Castellino, G. Del Giudice, F. Schiavetti // *PLoS One*. – 2011. – Vol. 6, № 4. – P. e19324.
4. *Helicobacter pylori* induces miR-155 in T Cells in a cAMP-Foxp3-dependent manner / L.F. Fehri, M. Koch, E. Belogolova, H. Khalil [et al.] // *PLoS One*. – 2010. – Vol. 5, № 3. – P. e9500.
5. *Helicobacter pylori* infection prevents allergic asthma in mouse models through the induction of regulatory T cells / I.C. Arnold, N. Dehzad, S. Reuter, H. Martin [et al.] // *Journal Clin. Invest.* – 2011. – Vol. 121, № 8. – P. 3088–3093.
6. *Helicobacter pylori* polyclonally activates murine CD4 (+) T cells in the absence of antigen-presenting cells / C. Rosenplänter, F. Sommer, P. Kleemann, A. Belkovets [et al.] // *Eur. J. Immunol.* – 2007. – Vol. 37, № 7. – P. 1905–1915.
7. Human peripheral and gastric lymphocyte responses to *Helicobacter pylori* NapA and AphC differ in infected and uninfected individuals / H.J. Windle, Y.S. Ang, V. Athie-Morales, R. McManus [et al.] // *Gut*. – 2005. – Vol. 54, № 1. – P. 25–32.
8. Involvement of Toll-like receptors on *Helicobacter pylori*-induced immunity / R. Käbisch, R. Mejías-Luque, M. Gerhard, C. Prinz // *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9, № 8. – P. e104804.
9. Mucosal FOXP3-expressing CD4+ CD25high regulatory T cells in *Helicobacter pylori*-infected patients / A. Lundgren, E. Stromberg, A. Sjöling, C. Lindholm [et al.] // *Infect. Immun.* – 2005. – Vol. 73, № 1. – P. 523–531.
10. Pachathundikandi S.K., Müller A., Backert S. Inflammasome activation by *Helicobacter pylori* and its Implications for persistence and immunity // *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* – 2016. – Vol. 397. – P. 117–131.
11. Raghavan S., Quiding-Järbrink M. Immune modulation by regulatory T cells in *Helicobacter pylori*-associated diseases // *Endocr. Metab. Immune. Disord. Drug. Targets*. – 2012. – Vol. 12, № 1. – P. 71–85.
12. Sakaguchi S., Wing K., Yamaguchi T. Dynamics of peripheral tolerance and immune regulation mediated by Treg // *Eur. J. Immunol.* – 2009. – Vol. 39, № 9. – P. 2331–2336.
13. Sanchez A.M., Yang Y. The role of natural regulatory T cells in infection // *Immunol. Res.* – 2011. – Vol. 49, № 1–3. – P. 124–134.
14. Shiu J., Blanchard T.G. Dendritic cell function in the host response to *Helicobacter pylori* infection of the gastric mucosa // *Pathog. Dis.* – 2013. – Vol. 67, № 1. – P. 46–53.
15. The effect of *Helicobacter pylori* on asthma and allergy / A. Amedei, G. Codolo, G. Del Prete, M. de Bernard, M.M. D'Elis // *Journal Asthma. Allergy*. – 2010. – Vol. 3. – P. 139–147.
16. Whiteside T.L. The role of regulatory T cells in cancer immunology // *Immunotargets. Ther.* – 2015. – Vol. 4. – P. 159–171.

Влияние *Helicobacter pylori* на дифференцировку Т-регуляторных клеток / А.В. Матвейчев, М.В. Талаева, В.Ю. Талаев, Н.В. Неумоина, К.М. Перфилова, Д.Г. Лапаев, Е.В. Мохонова, М.И. Цыганова, В.Н. Коптелова, З.И. Никитина, В.А. Лапин, Д.А. Мелентьев // *Анализ риска здоровью*. – 2017. – №1. – С. 21–28. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.03

UDC 616.98: 579.835.12

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.03.eng

INFLUENCE EXERTED BY *HELICOBACTER PYLORI* ON REGULATORY T-CELLS DIFFERENTIATION

**A.V. Matveichev¹, M.V. Talaeva¹, V.Yu. Talaev¹, N.V. Neumoina¹, K.M. Perfilova¹,
D.G. Lapaev², E.V. Mokhonova¹, M.I. Tsyganova¹, V.N. Koptelova¹, Z.I. Nikitina¹,
V.A. Lapin^{1,3}, D.A. Melent'ev³**

¹ Nizhniy Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after Academician I.N. Blokhina, 71m Malaya Yamskaya Str., Nizhniy Novgorod, 603950, Russian Federation

² City clinical hospital No.7, 76/1, Peterburgskoye highway, Tver, 170036, Russian Federation

³ Nizhniy Novgorod National Research State University named after N.I. Lobachevskiy, 23, Gagarina avenue, Nizhniy Novgorod, 603022, Russian Federation

Estimating risks of infections induced by gram-negative Helicobacter pylori, is a vital problem for healthcare due to wide spread of the agent and wide range of induced pathologies which include malignant neoplasms in gastrointestinal tract. The agent is prone to long-term chronic persistence despite its "fragility" and its being greatly demanding to culturing conditions. The persistence issue is of special interest here as it is related to data on Helicobacter pylori capability to change immune response in infected people inducing suppressive regulatory immune reactions which are more favorable for the agent, both in stomach and in a whole body. Our research goal was to estimate Helicobacter pylori capability to induce differentiation of regulatory CD4+CD25+FoxP3+ human T-cells as basic mediators of immune response regulation under direct contact between bacteria and T-cells without any participation of most professional antigen-presenting cells. Our research objects were clinical isolates of Helicobacter pylori and T-lymphocytes samples taken from people who didn't have Helicobacter pylori-infection in their case history; isolates and samples were jointly cultivated in vitro. We applied cytofluorometry to estimate changes in regulatory T-cells content. We detected that if T-lymphocytes and Helicobacter pylori were jointly cultivated during 18 hours in ratios from 1:10 to 1:50, regulatory T-cells content in cultures increased 2.12 times on average. This effects doesn't require any dendritic cells in a culture and obviously affects T-lymphocytes which are originally committed to regulatory T-cells in their development. Also, in our opinion, influence exerted on regulatory T-cells differentiation is a specific feature of Helicobacter pylori.

Key words: *Helicobacter pylori, lymphocytes, regulatory T-cells, differentiation, co-stimulation, antibodies, flow cytofluorometry, cell cultures.*

© Matveichev A.V., Talaeva M.V., Talaev V.Yu., Neumoina N.V., Perfilova K.M., Lapaev D.G., Mokhonova E.V., Tsyganova M.I., Koptelova V.N., Nikitina Z.I., Lapin V.A., Melent'ev D.A., 2017

Aleksei V. Matveichev – Candidate of Biological Sciences, head of Immune Chemistry Laboratory (e-mail: aleksei_matveichev@list.ru; tel.: +7 (831) 469-79-56).

Mariya V. Talaeva – Candidate of Biological Sciences, senior researcher at Cell Immunology Laboratory (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 469-79-48).

Vladimir Yu. Talaev – Doctor of Medicine, head of Cell Immunology Laboratory (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 469-79-48).

Natal'ya V. Neumoina – Candidate of Medical Sciences, head physician of infectious diseases clinic (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 433-01-68).

Kseniya M. Perfilova – Candidate of Medical Sciences, deputy to head physician of infectious diseases clinic responsible for expert work (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 433-74-66).

Daniil G. Lapaev – head of Endoscopy Department (e-mail: muz_gb7@mail.ru; tel.: +7 (482) 255-42-72).

Ekaterina V. Mokhonova – junior researcher at Immune Chemistry Laboratory (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 469-79-56).

Mariya I. Tsyganova – Candidate of Biological Sciences, senior researcher at Immune Chemistry Laboratory (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 469-79-56).

Valentina N. Koptelova – senior tester at Immune Chemistry Laboratory (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 469-79-56).

Zoya I. Nikitina – junior researcher at Immune Chemistry Laboratory (e-mail: micro@sinn.ru tel.: +7 (831) 469-79-56).

Vladislav A. Lapin – laboratory assistant at Immune Chemistry Laboratory, student (e-mail: micro@sinn.ru; tel.: +7 (831) 469-79-56).

Dmitriy A. Melent'ev – student (e-mail: unn@unn.ru; tel.: +7 (831) 462-32-02).

References

1. Zhebrun A.B., Svarval' A.V., Ferman R.S., Goncharova L.B. Metody laboratornoi diagnostiki infektsii, obuslovennoi Helicobacter pylori: posobie dlya vrachei [Laboratory diagnostics techniques for infection induced by Helicobacter pylori: Aid for physicians]. St. Petersburg, FBUN NIIEM imeni Pastera Publ., 2014, 60 p. (in Russian).
2. Amedei A., Codolo G., Del Prete G., de Bernard M., D'Elios M.M. The effect of Helicobacter pylori on asthma and allergy. *Journal Asthma. Allergy*, 2010, vol. 3, pp. 139–147.
3. Arnold I.C., Dehzad N., Reuter S., Martin H. [et al.]. *Helicobacter pylori* infection prevents allergic asthma in mouse models through the induction of regulatory T cells. *Journal Clin. Invest*, 2011, vol. 121, no. 8, pp. 3088–3093.
4. Fehri L.F., Koch M., Belogolova E., Khalil H. [et al.]. *Helicobacter pylori* induces miR-155 in T Cells in a cAMP-Foxp3-dependent manner. *PLoS One*, 2010, vol. 5, no. 3, e9500.
5. Kabisch R., Mejías-Luque R., Gerhard M., Prinz C. Involvement of Toll-like receptors on Helicobacter pylori-induced immunity. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 8, e104804.
6. Lundgren A., Stromberg E., Sjoling A., Lindholm C. [et al.]. Mucosal FOXP3-expressing CD4⁺ CD25^{high} regulatory T cells in Helicobacter pylori-infected patients. *Infect. Immun*, 2005, vol. 73, no. 1, pp. 523–531.
7. Necchi V., Manca R., Ricci V., Solcia E. Evidence for transepithelial dendritic cells in human H. pylori active gastritis. *Helicobacter*, 2009, vol. 14, no. 3, pp. 208–222.
8. Pachathundikandi S.K., Müller A., Backert S. Inflammasome activation by Helicobacter pylori and its Implications for persistence and immunity. *Curr. Top. Microbiol. Immunol*, 2016, vol. 397, pp. 117–131.
9. Raghavan S., Quiding-Järbrink M. Immune modulation by regulatory T cells in Helicobacter pylori-associated diseases. *Endocr. Metab. Immune. Disord. Drug. Targets*, 2012, vol. 12, no. 1, pp. 71–85.
10. Romi B., Soldaini E., Pancotto L., Castellino F., Del Giudice G., Schiavetti F. Helicobacter pylori induces activation of human peripheral $\gamma\delta$ ⁺ T lymphocytes. *PLoS One*, 2011, vol. 6, no. 4, e19324.
11. Rosenplänter C., Sommer F., Kleemann P., Belkovets A. [et al.]. Helicobacter pylori polyclonally activates murine CD4⁺ T cells in the absence of antigen-presenting cells. *Eur. J. Immunol*, 2007, vol. 37, no. 7, pp. 1905–1915.
12. Sakaguchi S., Wing K., Yamaguchi T. Dynamics of peripheral tolerance and immune regulation mediated by Treg. *Eur. J. Immunol*, 2009, vol. 39, no. 9, pp. 2331–2336.
13. Sanchez A.M., Yang Y. The role of natural regulatory T cells in infection. *Immunol. Res*, 2011, vol. 49, no. 1–3, pp. 124–134.
14. Shiu J., Blanchard T.G. Dendritic cell function in the host response to Helicobacter pylori infection of the gastric mucosa. *Pathog. Dis*, 2013, vol. 67, no. 1, pp. 46–53.
15. Whiteside T.L. The role of regulatory T cells in cancer immunology. *Immunotargets. Ther*, 2015, vol. 4, pp. 159–171.
16. Windle H.J., Ang Y.S., Athie-Morales V., McManus R. [et al.]. Human peripheral and gastric lymphocyte responses to Helicobacter pylori NapA and AphC differ in infected and uninfected individuals. *Gut*, 2005, vol. 54, no. 1, pp. 25–32.

Matveichev A.V., Talaeva M.V., Talaev V.Yu., Neumoina N.V., Perfilova K.M., Lapaev D.G., Mokhonova E.V., Tsyganova M.I., Koptelova V.N., Nikitina Z.I., Lapin V.A., Melent'ev D.A. Influence exerted by helicobacter pylori on regulatory t-cells differentiation. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 21–28. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.03.eng

Получена: 21.11.2017

Принята: 12.01.2017

Опубликована: 30.03.2017

УДК 614.71

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.04

К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ РЕПЕРНОГО УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ АКРОЛЕИНА В КРОВИ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Т.С. Уланова^{1,3}, О.О. Синицына², Т.Д. Карнажицкая¹, Е.О. Заверненкова¹

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

²Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина, Россия, 119992, Москва, ул. Погодинская, 10, стр. 1

³Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29

Представлены результаты комплексных химико-аналитических и клинико-лабораторных исследований биологических сред детей, проживающих на территории Пермского края. Для изучения воздействия экзогенного акролеина в 2014–2016 гг. обследовали 156 детей в возрасте 5–10 лет, посещающих дошкольные и школьные образовательные учреждения и проживающих на территории Пермского края. В ходе проведенных исследований установлена среднегодовая концентрация акролеина в атмосферном воздухе на исследуемой территории – 0,000024 мг/м³, что выше референтной концентрации акролеина в воздухе для хронического ингаляционного воздействия в 1,2 раза. Среднегрупповая концентрация акролеина в крови детей достоверно выше ($p < 0,05$) регионального фонового уровня содержания акролеина в крови детей, проживающих на условно чистой (контрольной) территории Пермского края, в 1,2 раза. Среднегрупповое содержание малонового диальдегида в плазме крови и IgG специфического к акролеину достоверно выше физиологической нормы этих показателей в 1,2 и 1,4 раза ($p < 0,05$). Среднегрупповая концентрация дельта-аминолевулиновой кислоты в моче определена на уровне верхнего предела нормы содержания. По критерию отношения шансов ($OR = e^{a_0 - a_1 x}$) получены достоверные модели зависимости между содержанием акролеина в крови и иммуноглобулином G, специфическим к акролеину, антиоксидантной активностью плазмы крови, билирубином общим в крови, дельта-аминолевулиновой кислотой в моче ($F > 3,96$; $p \leq 0,05$). В качестве лимитирующего маркера эффекта при хроническом ингаляционном воздействии акролеина принят показатель повышения содержания дельта-аминолевулиновой кислоты в моче. На основании проведенных исследований в качестве реперного уровня акролеина в крови при хроническом ингаляционном воздействии рекомендована концентрация 0,10 мг/дм³.

Ключевые слова: акролеин, хроническое воздействие, маркеры ответа, кровь, высокоэффективная жидкостная хроматография, дельта-аминолевулиновая кислота, билирубин, реперный уровень.

В настоящее время одним из приоритетных направлений государственной политики является охрана здоровья населения. Ежегодное повышение уровня загрязнения атмосферы в результате увеличения эмиссии веществ техногенного происхождения требует повышенного внимания и профессионального решения вопросов обеспечения безопасности окружающей среды для населения.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, в промышленности используется до 500 тысяч соединений, потенциально

способных загрязнять окружающую среду. Среди многокомпонентного состава загрязняющих воздух соединений большая часть приходится на летучие органические соединения (ЛОС). К приоритетным загрязняющим соединениям в составе ЛОС относится акролеин [3].

Акролеин (акриловый альдегид, этиленальдегид, 2-пропеналь) – простейший ненасыщенный альдегид с высокой реакционной способностью, представляет бесцветную, слезоточивую жидкость с резким запахом, обладающую высокой летучестью и низкой температурой кипения

© Уланова Т.С., Синицына О.О., Карнажицкая Т.Д., Заверненкова Е.О., 2017

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

Синицына Оксана Олеговна – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе (e-mail: niisysin@mail.ru; тел.: 8 (499) 246 5824).

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

Заверненкова Екатерина Олеговна – химик лаборатории методов жидкостной хроматографии (e-mail: zavernenkova@yandex.ru; тел.: 8 (342) 233-10-37).

(52,7 °C). В воздухе присутствует в виде паров, давление пара 0,145 МПа при 5 °C [14].

Акролеин применяется в производстве акриловой кислоты, метионина, 1,3-пропандиола, пиридина, глутаральдегида, β-пиколина, акрилонитрила, лекарственных препаратов, гербицидов, ароматизаторов, пластификаторов и др. [14]. Весомый вклад в общее загрязнение атмосферного воздуха городов вносят выбросы автотранспорта, процессы горения, фотоокисления углеводородов, присутствующих в воздухе (пропилен, 1,3-бутадиен, пентадиен), захоронения бытовых и промышленных отходов [1, 2, 12]. В бытовых условиях существенный вклад вносят сигаретный дым, выделение из полимерных материалов, нагрев масел и жиров растительного и животного происхождения в процессе приготовления пищи (жарение, копчение).

Среднесуточная и максимально разовая предельно допустимые концентрации акролеина в атмосферном воздухе составляют 0,01 и 0,03 мг/м³ соответственно. Референтные концентрации токсиканта в атмосферном воздухе (*RfC*) чрезвычайно малы и составляют для острых ингаляционных воздействий 0,0001 мг/м³, для хронических воздействий 0,00002 мг/м³ [11]. Класс опасности 2. Региональный фоновый уровень содержания акролеина в крови детей, проживающих на территории Пермского края, составляет $0,138 \pm 0,035$ мг/дм³ [9].

Основной путь поступления акролеина в организм человека – ингаляционный. При хроническом воздействии акролеин характеризуется общим токсическим, раздражающим, аллергенным действием, проявляет мутагенные свойства [12, 16]. Исследование механизмов хронического воздействия акролеина на легочную функцию при вдыхании табачного дыма показало, что акролеин способствует воспалению и повреждению тканей органов дыхания у взрослых [17]. У детей, в большей степени подверженных воздействию токсикантов, акролеин, присутствующий в табачном дыме в концентрациях 1,6–3,6 мкг/м³ [21], способен вызывать бронхоспазм и повышенную секрецию клеток слизистой оболочки, характерную для бронхиальной астмы. Кроме того, в детском возрасте наблюдается снижение функции легких и увеличение случаев бронхиальной астмы в условиях хронической экспозиции [16].

Акролеин является индуктором окислительного стресса в организме. Акролеининдуцированная гибель клеток, протекающая преимущественно по пути некроза, сопровождается накоплением в них активных форм

кислорода (АФК) [20, 22]. Акролеин может напрямую стимулировать митохондриальный окислительный стресс, нарушая функцию митохондриальной транспортной системы электронов [21].

Вместе с тем акролеин является естественным метаболитом организма человека и присутствует в биологических средах (кровь, моча) [13]. Акролеин образуется в микроколичествах эндогенно как продукт перекисного окисления липидов в процессе метаболизма полиаминов (спермина и спермидина) [10, 23].

Цель настоящего исследования – определение реперного уровня содержания акролеина в крови детей при длительном поступлении с атмосферным воздухом по результатам оценки зависимостей «концентрация акролеина в крови – маркеры ответа».

Материалы и методы. В соответствии с поставленной целью в 2014–2016 гг. обследована группа детей ($n = 156$) в возрасте 5–10 лет, посещающих дошкольные и школьные образовательные учреждения и проживающих с рождения на территории Пермского края.

Определение акролеина в атмосферном воздухе на обследуемой территории проводили в форме производного с применением флуориметрии в соответствии с МУК 4.1.3356-16 «Измерение массовой концентрации акролеина в атмосферном воздухе методом высокoeffективной жидкостной хроматографии» [8].

Биомедицинские исследования выполняли в соответствии с обязательным соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г. и национальным стандартом РФ ГОСТ-Р 52379-2005. От каждого законного представителя ребенка, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в биомедицинском исследовании специалистами ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Определение содержания акролеина в крови выполняли методом высокoeffективной жидкостной хроматографии на обращенной фазе C_{18} с флуориметрическим детектированием в соответствии с МУК 4.1.3158-14 [7]. Диапазон измеряемых концентраций акролеина в крови 0,1–5,0 мг/дм³. Перед анализом проводили реакцию дериватизации акролеина с мета-аминофенолом с целью перевода аналита из свободного состояния в связанное с получением про-

изводного 7-гидроксихинолина – стабильного соединения, способного к флуоресценции (рис. 1).

В качестве маркеров ответа при ингаляционном поступлении акролеина [1, 4, 18, 19] изучены биохимические показатели (количество общего и прямого билирубина в сыворотке крови, содержание дельта-аминолевулиновой кислоты в моче, антиоксидантная активность, содержание малонового диальдегида в плазме крови, концентрация креатинина в сыворотке крови) с применением унифицированных методов [5] и иммунологические показатели (содержание IgG специфического к акролеину) методом аллергосорбентного тестирования с ферментной меткой. Исследования проведены специалистами отдела биохимических и цитогенетических методов диагностики и отдела иммунобиологических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Обоснование биомаркеров ответа выполняли по расчету отношения шансов (ОШ), характеризующего связь между концентрацией акролеина в крови и биохимическими показателями ответа. Критерием наличия связи принимали условие $OR > 1$ [13].

Установление параметров зависимости показателя отношения шансов от концентрации акролеина в крови осуществляли методом построения регрессионной модели в виде экспоненциальной функции $OR = e^{a_0 - a_1 x}$, где OR – показатель отношения шансов; x – концентрация акролеина в крови, мг/дм³; a_0 , a_1 – параметры модели, определяемые методом регрессионного анализа.

Достоверность полученной модели оценивали при проведении однофакторного дисперсионного

анализа по критерию Фишера ($F > 3,63$). Различия результатов считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$ [15].

Реперный уровень определяли исходя из условия $OR = 1$. В качестве реперного уровня принимали величину, соответствующую верхней 95%-ной доверительной границе полученной модели [6].

Обработку информации по результатам исследований и оценку параметров моделей проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 и специальных программных продуктов.

Результаты и их обсуждение. За период 2014–2016 гг. среднегодовая концентрация акролеина в атмосферном воздухе на территории проживания обследуемой группы составила 0,000024 мг/м³. Она оказалась ниже среднесуточной и максимально разовой предельно допустимой концентрации акролеина в атмосферном воздухе, но превышала референтную концентрацию акролеина в воздухе для хронического ингаляционного воздействия в 1,2 раза [11].

Акролеин в крови детей группы наблюдения обнаружен в диапазоне концентраций 0,10–2,34 мг/дм³. Среднегрупповая концентрация составила $0,16 \pm 0,01$ мг/дм³, что достоверно выше ($p < 0,05$) регионального фоновое уровня содержания акролеина в крови детей, проживающих на условно чистой (контрольной) территории Пермского края, в 1,2 раза [9].

Результаты исследования биохимических и иммунологических показателей крови и мочи обследованных детей представлены в табл. 1 в виде среднегрупповых значений ($M \pm m$).

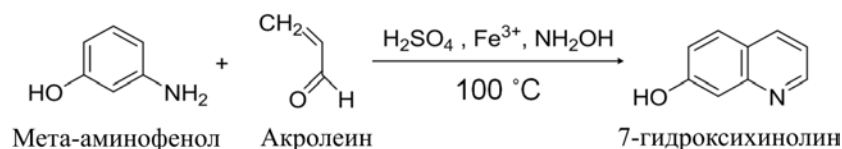


Рис. 1. Реакция дериватизации акролеина с 3-аминофенолом

Таблица 1

Результаты анализа биохимических и иммунологических показателей крови и мочи детей ($n = 156$), 2014–2016 гг.

Показатель, единицы измерения	Норма	Группа наблюдения, $M \pm m$	Достоверность различий, p
Антиоксидантная активность плазмы, %	36,2–38,6	$35,8 \pm 1,4$	$>0,05$
Билирубин общий, мкмоль/дм ³	0–18,8	$9,31 \pm 1,35$	$>0,05$
Билирубин прямой, мкмоль/дм ³	0–4,3	$2,50 \pm 0,17$	$>0,05$
Дельта-аминолевулиновая кислота в моче, мкмоль/см ³	0,0012–0,013	$0,013 \pm 0,001$	$>0,05$
Малоновый диальдегид в плазме крови, мкмоль/см ³	1,8–2,5	$3,02 \pm 0,12$	$<0,05$
Креатинин в сыворотке крови, мкмоль/дм ³	28–88	$57,9 \pm 1,4$	$>0,05$
IgG специфический к акролеину, усл.ед.	0–0,15	$0,33 \pm 0,11$	$<0,05$

Таблица 2

Параметры математических моделей зависимости «концентрация акролеина в крови – отношение шансов ($OR = e^{a_0 - a_1 x}$) отклонения лабораторного показателя»

Лабораторный показатель	Параметры модели		Критерий Фишера, F	Достоверность, p	Концентрация акролеина в крови, мг/дм ³
	a_0	a_1			
Антиоксидантная активность плазмы	-1,27	8,09	113	<0,05	0,15
Билирубин общий	-5,27	37,72	74,99	<0,05	1,14
Дельта-аминолевулиновая кислота	-0,85	7,29	108,94	<0,05	0,10
Иммуноглобулин G специфический к акролеину	-2,50	9,04	43,21	<0,05	0,25

Анализ биохимических и иммунологических показателей крови детей в условиях хронического ингаляционного воздействия акролеина показал достоверно более высокое ($p < 0,05$) среднегрупповое содержание малонового диальдегида в плазме в 1,2 раза и IgG специфического к акролеину в крови детей в 1,4 раза по сравнению с физиологической нормой. Среднегрупповая концентрация дельта-аминолевулиновой кислоты в моче определена на уровне верхнего предела нормы содержания, что говорит о тенденции повышения данного показателя в условиях хронической экспозиции акролеином.

В результате построения моделей зависимости биохимических и иммунологических показателей крови детей (маркеров эффекта) от концентрации акролеина в крови (маркера экспозиции) получены достоверные модели связи ($F > 3,96$; $p \leq 0,05$) между концентрацией акролеина в крови и повышением содержания билирубина общего в сыворотке крови, повышением уровня дельта-аминолевулиновой кислоты в моче, снижением антиоксидантной активности плазмы крови, повышением IgG специфического к акролеину в сыворотке крови (табл. 2).

Показатель содержания билирубина общего в крови детей из обследуемой группы выше физиологической нормы в 3 % случаев ($n = 153$). Зависимость показателя отношения шансов повышения содержания билирубина в крови с увеличением концентрации акролеина в крови ($F = 74,995$; $p < 0,05$) описывается уравнением вида $OR = e^{-5,273 - 37,772x}$. В представленном случае 95%-ная верхняя доверительная граница реперного уровня акролеина в крови составляет 0,14 мг/дм³.

Показатель антиоксидантной активности плазмы крови у детей из обследуемой группы ниже физиологической нормы в 52 % случаев ($n = 121$). Достоверная зависимость показателя отношения шансов снижения уровня антиокси-

дантной активности плазмы от концентрации акролеина в крови ($F = 113$; $p = 0,05$) описывается уравнением вида $OR = e^{-1,267 - 8,086x}$. В представленном случае 95%-ная верхняя доверительная граница реперного уровня акролеина в крови составляет 0,15 мг/дм³ (рис. 2).

Уровень дельта-аминолевулиновой кислоты в моче, характеризующий нарушение порфиринового обмена, выше физиологической нормы в среднем в 1,5 раза обнаружен у 44 % обследованных детей ($n = 98$). Зависимость показателя отношения шансов повышения уровня дельта-аминолевулиновой кислоты в моче от концентрации акролеина в крови описывается уравнением $OR = e^{-0,851 - 7,291x}$ ($F = 108,94$; $p = 0,05$), 95%-ная верхняя доверительная граница реперного уровня акролеина в крови составила 0,10 мг/дм³ (рис. 3).

Полученные результаты коррелируют с данными научных исследований, согласно которым хроническое воздействие акролеина на организм человека приводит к нарушению порфиринового обмена, снижению антиоксидантной активности плазмы и, как следствие, нарушению клеточного Red/Ox потенциала.

Показатель IgG специфический к акролеину у детей из обследуемой группы выше физиологической нормы в 46 % случаев ($n = 74$). Зависимость показателя отношения шансов (OR) повышения уровня IgG специфического к акролеину от концентрации акролеина в крови описывается уравнением $OR = e^{-2,503 - 9,044x}$ ($F = 43,213$; $p = 0,05$), 95%-ная верхняя доверительная граница реперного уровня акролеина в крови составила 0,25 мг/дм³ (рис. 4).

На основании построенных моделей зависимости ($p = 0,05$) рассчитаны уровни содержания маркера экспозиции (концентрации акролеина в крови, мг/дм³), приводящие к угнетению иммунной системы организма, нарушению окислительно-восстановительного потенциала

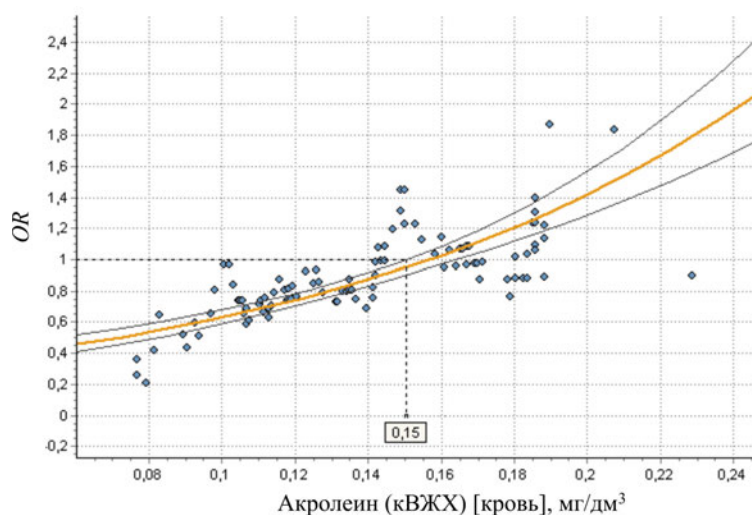


Рис. 2. Зависимость показателя отношения шансов (OR) снижения уровня антиоксидантной активности плазмы крови от концентрации акролеина в крови

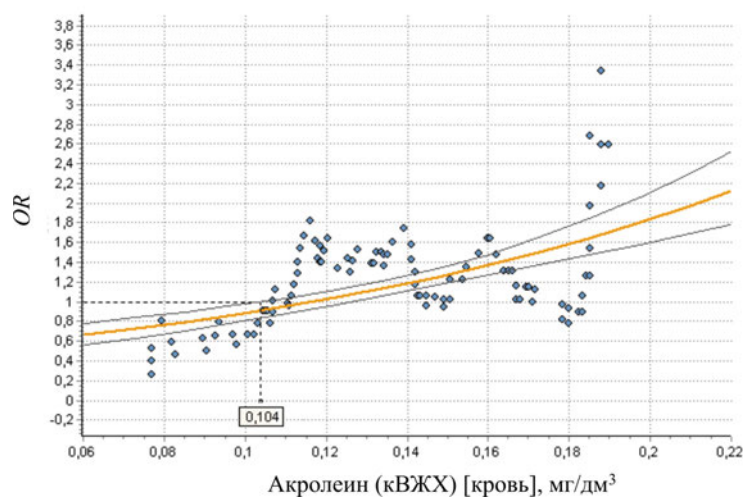


Рис. 3. Зависимость показателя отношения шансов (OR) повышения уровня дельта-аминолевулиновой кислоты в моче от концентрации акролеина в крови

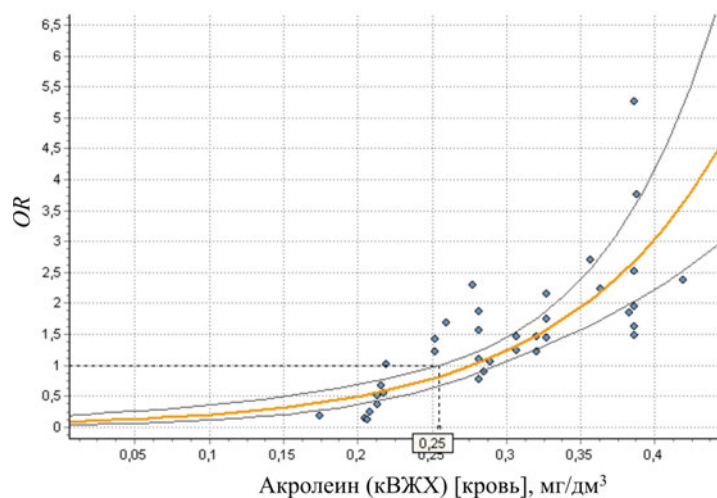


Рис. 4. Зависимость показателя отношения шансов (OR) повышения уровня IgG специфического к акролеину от концентрации акролеина в крови

клетки, нарушению порфиринового обмена, нарушению обмена билирубина. Минимальное содержание акролеина в крови $0,10 \text{ мг/дм}^3$ установлено в случае повышения концентрации дельта-аминолевулиновой кислоты в моче относительно нормы. В связи с этим в качестве лимитирующего маркера эффекта в условиях хронической экспозиции акролеином рекомендуется показатель повышения содержания дельта-аминолевулиновой кислоты в моче, в качестве реперного уровня содержания акролеина в крови – концентрация $0,10 \text{ мг/дм}^3$.

Выводы:

1. Установлено достоверно более высокое среднегрупповое содержание малонового диальдегида в плазме крови и IgG специфического к акролеину, по сравнению с физиологической нормой, в 1,2 и 1,4 раза ($p < 0,05$), среднегрупповая концентрация дельта-аминолевулиновой кислоты в моче определена на уровне верхнего предела нормы содержания.

2. Получены достоверные модели связи ($F > 3,96$; $p \leq 0,05$) между содержанием акролеина в крови и нарушением порфиринового обмена по показателю повышения дельта-аминолевулиновой кислоты в моче, наличием окислительного стресса по показателю антиоксидантной

активности плазмы крови, угнетением иммунного ответа по содержанию IgG специфического к акролеину.

3. Установлены концентрации акролеина в крови детей (мг/дм^3), приводящие к угнетению иммунной системы организма, снижению антиоксидантной активности плазмы, нарушению билирубинового и порфиринового обменов – 0,25; 0,15; 0,14 и $0,10 \text{ мг/дм}^3$ соответственно.

4. В качестве реперного уровня акролеина в крови детей рекомендована концентрация $0,10 \text{ мг/дм}^3$, установленная при изучении зависимости показателя отношения шансов (OR) повышения уровня дельта-аминолевулиновой кислоты в моче от концентрации акролеина в крови.

5. Установленная реперная концентрация акролеина в крови может служить критерием безопасности при длительном поступлении акролеина с атмосферным воздухом в рамках проведения биомониторинга, при оценке рисков здоровью населения, диагностировании экзозависимых изменений состояния здоровья, оценке эффективности комплексов лечебно-профилактических технологий, а также в качестве доказательной базы при проведении санитарно-эпидемиологических обследований, исследований, экспертиз.

Список литературы

1. Акролеин // Научные обзоры советской литературы по токсичности и опасности химических веществ / под. ред. Н.Ф. Измерова. – М., 1984. – № 50. – 15 с.
2. Вредные вещества в промышленности: справочник / под ред. Н.В. Лазарева и Э.П. Левиной. – Л.: Химия, 1976. – Т. I. – 508 с.
3. Другов Ю.С., Родин А.А. Мониторинг органических загрязнителей природной среды: практическое руководство. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 893 с.
4. Обоснование региональных фоновых уровней содержания акролеина в биосредах (кровь, моча) населения на примере Пермского края / Е.О. Заверенкова, Т.С. Уланова, О.О. Синицина, Т.Д. Карнажицкая // Окружающая среда и здоровье. Гигиена и экология урбанизированных территорий: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов с международным участием. – 2016. – С. 210–215.
5. Коновалова Е.В. Защитное действие карнозина, включенного в состав нанолипосом, в условиях окислительного стресса *in vitro* и *in vivo*: дис. ... канд. биол. наук. – М., 2013. – 165 с.
6. Лабораторные методы исследования в клинике: справочник / под ред. В.В. Меньшикова. – М.: Медицина, 1987. – 366 с.
7. МР 2.1.10.0062-12. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей: методические рекомендации [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд. – 2012. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095225> (дата обращения: 11.10.2016).
8. МУК 4.1.3158-14. Измерение массовой концентрации акролеина в крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: методические указания [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд. – 2014. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200119565> (дата обращения: 11.10.2016).
9. МУК 4.1.3356-16 Измерение массовой концентрации акролеина в атмосферном воздухе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: методические указания [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд. – 2016. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456022815> (дата обращения: 11.10.2016).
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. Основы биохимии / А. Уайт, Ф. Хендаер, Э. Смит, Р. Хиал, И. Леман. – М.: Мир, 1981. – Т. 2. – С. 540–1152.
12. Филов В.А., Тиунов Л.А. Вредные химические вещества. Галоген- и кислородсодержащие органические соединения: справочник. – СПб.: Химия, 1994. – 286 с.
13. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. – М.: Медиа Сфера, 1998. – 352 с.
14. Химическая энциклопедия / под ред. И.Л. Кнунянц. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1. – 623 с.
15. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 356.
16. Acrolein Reference Exposure Levels DRAFT [Электронный ресурс] // Draft TSD for Noncancer RELs, SRP4. – 2008. – 26 p. – URL: <http://oehha.ca.gov/media/downloads/air/document/acrolein112508.pdf> (дата обращения: 18.10.2016).
17. Finkelstein E., Nardini M., Vliet A. Inhibition of neutrophil apoptosis by acrolein: a mechanism of tobacco-related lung disease? // *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.* – 2001. – Vol. 28, № 3. – P. 732–739.
18. Increase in putrescine, amine oxidase, and acrolein in plasma of renal failure patients / K. Sakata, K. Kashiwagi, S. Sharmin, S. Ueda, Y. Irie, N. Murotani, K. Igarashi // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2003. – Vol. 305, № 1. – P. 143–149.
19. Li L., Holian A. Acrolein: a respiratory toxin that suppresses pulmonary host defense // *J. Environmental Health.* – 1998. – № 13. – P. 99–108.
20. Lou J., Robinson P., Shi R. Acrolein-induced cell death in PC12 cells: role of mitochondria-mediated oxidative stress // *Neurochemistry international.* – 2005. – Vol. 47, № 7. – P. 449–457.
21. Luo J., Shi R. Acrolein induces oxidative stress in brain mitochondria // *Neurochemistry International.* – 2005. – Vol. 46, № 3. – P. 243–252.
22. Nazaroff W., Singer B. Inhalation of hazardous air pollutants from environmental tobacco smoke in US residences // *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* – 2004. – Vol. 14, Suppl 1. – P. 71–77.
23. Toxicological Profile for Acrolein [Электронный ресурс] // U.S. Department of Health and Human Services. Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – 2007. – URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp124.pdf> (дата обращения: 28.10.2016).

К вопросу установления реперного уровня содержания акролеина в крови детского населения / Т.С. Уланова, О.О. Синицина, Т.Д. Карнажицкая, Е.О. Заверенкова // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 29–37. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.04

UDC 614.71

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.04.eng

ON DETECTING REFERENCE LEVEL OF ACROLEIN CONTENT IN CHILDREN'S BLOOD

T.S. Ulanova^{1,3}, O.O. Sinitsyna², T.D. Karnazhitskaya¹, E.O. Zavernenkova¹

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

²Scientific Research Institute for Human Ecology and Environment Hygiene named afetr A.N. Syisin, 10, build. 1,
Pogodinskaya Str., Moscow, 119992, Russian Federation

³Perm National Research Polytechnic University, 29 Komsomolskiy avenue, Perm, 614990, Russian Federation

The article gives the results of complex chemical-analytical and clinical-laboratory research in course of which biological media of children living in Perm region were examined. To study impacts exerted by exogenous acrolein we examined 156 children in 2014–2016, aged 5–10, attending pre-school facilities and schools, and living in Perm region. As we conducted this research we detected average annual acrolein concentration in atmosphere on the examined territory; this concentration was equal to 0.000024 mg/m³, and it was 1.2 times higher than reference acrolein concentration in the air for chronic inhalation exposure. Average group acrolein concentration in children's blood was 1.2 times authentically higher ($p < 0.05$) than regional background level of acrolein content in blood of children living on conditionally clean (control) territory of Perm region. Average content of malonic dialdehyde in blood plasma and IgG specific to acrolein was 1.2 and 1.4 times authentically higher than physiological standard for these parameters ($p < 0.05$). Aver-

age group concentration of delta-aminolevulinic acid in urine was detected at the top limit of physiological standard. Applying odds relation criterion ($OR=e^{a_0-a_1x}$) we obtained authentic models for correlation between acrolein content in blood and G immunoglobulin specific to acrolein, antioxidant activity of blood plasma, crude bilirubin in blood, and delta-aminolevulinic acid in urine ($F>3.96$, $p\leq 0.05$). We used increased content of delta-aminolevulinic acid in urine as a limiting marker for effects occurring at chronic inhalation exposure to acrolein. Basing on the results of the performed examination we recommend concentration equal to 0.10 mgr/dm³ as a reference level of acrolein content in blood at chronic inhalation exposure

Key words: acrolein, chronic exposure, response markers, blood, highly efficient liquid chromatography, delta-aminolevulinic acid, bilirubin, reference level.

References

1. Akrolein [Acrolein]. *Nauchnye obzory sovetskoj literatury po toksichnosti i opasnosti khimicheskikh veshchestv* [Scientific overviews of Soviet literature on chemical substances toxicity and danger]. In: N.F. Izmerov ed. Moscow, 1984, no. 50, 15 p. (in Russian).
2. Vrednye veshchestva v promyshlennosti: spravochnik [Hazardous substances in industry: guidance]. In: N.V. Lazareva and E.II. Levinoi eds. Leningrad, Khimiya Publ., 1976, vol. I, 508 p. (in Russian).
3. Drugov Yu.S., Rodin A.A. Monitoring organicheskikh zagryaznitelei prirodnoi sredy: prakticheskoe rukovodstvo [Environment organic pollutants monitoring: practical guidelines]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2009, 893 p. (in Russian).
4. Konovalova E.V. Zashchitnoe deistvie karnozina, vklyuchennogo v sostav nanoliposom, v usloviyakh oksidativ'nogo stressa in vitro i in vivo: dis...kandid. biol.nauk [Protective effect of carnosine, included into nanoliposome structure, under oxidative stress in vitro and in vivo: abstract of a thesis...candidate of biological sciences]. Moscow, 2013, 165 p. (in Russian).
5. Laboratornye metody issledovaniya v klinike: spravochnik [Laboratory research techniques in a clinic: guide]. In: V.V. Men'shikov ed. Moscow, Meditsina Publ., 1987, 366 p. (in Russian).
6. MR 2.1.10.0062-12. Kolichestvennaya otsenka nekantserogennogo riska pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv na osnove postroeniya evolyutsionnykh modelei: metodicheskie rekomendatsii 2.1.10.0062-12 [Quantitative assessment of non-carcinogenic risk under exposure to chemicals based on evolutionary models design: methodical guidelines 2.1.10.0062-12]. *Kodeks: elektronnyi fond*, 2012. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200095225> (11.10.2016) (in Russian).
7. MUK 4.1.3158-14. Izmerenie massovoi kontsentratsii akroleina v krovi metodom vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii: metodicheskie ukazaniya [Measuring mass acrolein concentration in blood using highly efficient liquid chromatography: methodical guidelines]. *Kodeks: elektronnyi fond*, 2014. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200119565> (11.10.2016) (in Russian).
8. MUK 4.1.3356-16. Izmerenie massovoi kontsentratsii akroleina v atmosfernom vozduke metodom vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii: metodicheskie ukazaniya [Measuring mass acrolein concentration in atmosphere using highly efficient liquid chromatography: methodical guidelines]. *Kodeks: elektronnyi fond*, 2016. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/456022815> (11.10.2016) (in Russian).
9. Zavernenkova E.O., Ulanova T.S., Sinitsyna O.O., Karnazhitskaya T.D. Obosnovanie regional'nykh fonovykh urovnei sodержaniya akroleina v biosredakh (krov', mocha) naseleniya na primere Permskogo kraia [Substantiating regional background levels of acrolein content in biological media (blood and urine) of population by the example of Perm region]. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e. Gigiena i ekologiya urbanizirovannykh territorii: materialy VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov s mezhdunarodnym uchastiem* [Environment and health. Hygiene and ecology of urbanized areas: materials of VI Russian theoretical and practical conference of young scientists and specialists with international participation]. 2016, pp. 210–215 (in Russian).
10. Uait A., Khendaer F., Smit E., Khial R., Leman I. Osnovy biokhimii [Basics of biochemistry]. Moscow, Mir Publ., 1981, vol. 2, pp. 540–1152 (in Russian).
11. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii himicheskikh veshchestv, zagryaznyajushchih okruzhayushhuju sredu R 2.1.10.1920-04 [Guide to health risk assessment when exposed to chemicals polluting the environment 2.1.10.1920-04 P]. Moscow: Federal'nyj centr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004, 143 p. (in Russian).

© Ulanova T.S., Sinitsyna O.O., Karnazhitskaya T.D., Zavernenkova E.O., 2017

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

Oxana O. Sinitsyna – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Science (e-mail: niisysin@mail.ru; tel.: + 7 (499) 246 5824).

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

Ekaterina O. Zavernenkova – Chemics of Liquid Chromatography Laboratory (e-mail: zavernenkova@yandex.ru; tel.: + 7 (342) 233-10-37).

12. Filov V.A., Tiunov L.A. Vrednye khimicheskie veshchestva. Galogen- i kislorodsoderzhashchie organicheskie soedineniya: spravochnik [Hazardous chemicals. Halogen- and oxygen-containing organic compounds: guide]. St. Petersburg, Khimiya Publ., 1994, 286 p. (in Russian).
13. Fletcher R., Fletcher S., Vagner E. Klinicheskaya epidemiologiya. Osnovy dokazatel'noi meditsiny [Clinical epidemiology. Basics of evidential medicine]. Moscow, Media Sfera Publ., 1998, 352 p. (in Russian).
14. Khimicheskaya entsiklopediya [Chemical encyclopedia]. In: I.L. Knunyants ed. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1988, vol. 1, 623 p. (in Russian).
15. Chetyrkin E.M. Statisticheskie metody prognozirovaniya [Statistic prediction techniques]. Moscow, Statistika, 1977, 356 p. (in Russian).
16. Acrolein Reference Exposure Levels DRAFT. *Draft TSD for Noncancer RELs, SRP4*, 2008, 26 p. Available at: <http://oehha.ca.gov/media/downloads/air/document/acrolein112508.pdf> (18.10.2016).
17. Finkelstein E., Nardini M., Vliet A. Inhibition of neutrophil apoptosis by acrolein: a mechanism of tobacco-related lung disease? *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol*, 2001, vol. 281, no. 3, pp. 732–739.
18. Sakata K., Kashiwagi K., Sharmin S., Ueda S., Irie Y., Murotani N., Igarashi K. Increase in putrescine, amine oxidase, and acrolein in plasma of renal failure patients. *Biochem Biophys Res Commun*, 2003, vol. 305, no. 1, pp. 143–149.
19. Li L., Holian A. Acrolein: a respiratory toxin that suppresses pulmonary host defense. *J. Environmental Health*, 1998, no. 13, pp. 99–108.
20. Lou J., Robinson P., Shi R. Acrolein-induced cell death in PC12 cells: role of mitochondria-mediated oxidative stress. *Neurochemistry international*, 2005, vol. 47, no. 7, pp. 449–457.
21. Luo J., Shi R. Acrolein induces oxidative stress in brain mitochondria. *Neurochemistry International*, 2005, vol. 46, no. 3, pp. 243–252.
22. Nazaroff W., Singer B. Inhalation of hazardous air pollutants from environmental tobacco smoke in US residences. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol*, 2004, 14, Suppl 1, pp. 71–77.
23. Toxicological Profile for Acrolein. U.S. Department of Health and Human Services. Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp124.pdf> (28.10.2016).

Ulanova T.S., Sinitsyna O.O., Karnazhitskaya T.D., Zaverenkov E.O. On detecting reference level of acrolein content in children's blood. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 29–37. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.04.eng

Получена: 30.11.2016

Принята: 06.03.2017

Опубликована: 30.03.2017

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

УДК 532: 612.3

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.05

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ В АНТРОДУОДЕНУМЕ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АНОМАЛЬНЫХ ЗОН ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ НАПИТКОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ pH*

М.Р. Камалтдинов, Н.В. Зайцева, П.З. Шур

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

Описывается математическая модель многофазного течения в антродуоденуме и ее применение для прогнозирования характеристик пищеварительного процесса, в том числе для определения уровня pH. Предлагаемая подмодель антродуоденальной области желудочно-кишечного тракта разрабатывается в рамках математической многоуровневой модели эволюции поврежденности критических органов и систем организма человека при воздействии факторов риска. В подмодель введена поврежденность для нескольких участков тракта (тела желудка, антрума, дуоденума), поджелудочной железы и печени по трем функциям (моторной, секреторной и всасывательной). Математическая постановка задачи включает в себя запись уравнений сохранения массы и импульса для смеси жидких несжимаемых фаз, соотношений для вектора интенсивности потока массы за счет диффузионных процессов, соотношений для массовых источников за счет реакций, секреции и всасывания компонент, растворения пищи, начальных и граничных условий. Получены результаты численного эксперимента в случае употребления напитка с разным уровнем pH (2,3; 3,5; 7), которые показывают аномальное значительное повышение кислотности в области пилорического отверстия и луковицы двенадцатиперстной кишки при приеме напитка с уровнем pH равным 2,3. Представленные в работе результаты вносят вклад в развитие направления математического моделирования для описания многофазных течений в биоканалах переменной формы. Показано соответствие полученных уровней кислотности в различных участках антродуоденума иным опубликованным экспериментальным данным. В перспективе модель может быть применена для прогнозирования рисков развития поражений двенадцатиперстной кишки с выявлением областей их локализации при воздействии негативных факторов.

Ключевые слова: математическое моделирование, эволюция функциональных нарушений, антродуоденум, уровень pH, нейтрализация кислоты, повреждение слизистой, моторика тракта, факторы риска.

Развитие технологий и промышленного производства приводит к возрастанию объемов и спектра выбросов химических веществ в окружающую среду. Как следствие, продукты питания могут содержать повышенные концентрации токсических веществ, в том числе тяжелых металлов, которые попадают, например, в овощи и фрукты через загрязненную почву, атмосферный воздух, воду, используемую при

орошении. Кроме того, производители используют новые добавки, повышающие вкусовые качества, увеличивающие сроки хранения продуктов питания, однако влияние этих добавок на здоровье остается малоизученным. Кроме того, дополнительному повышению риска негативных ответов со стороны здоровья способствует нерегулярное и несбалансированное питание, в частности употребление фастфуда, жирной

© Камалтдинов М.Р., Зайцева Н.В., Шур П.З., 2017

Камалтдинов Марат Решидович – старший научный сотрудник (e-mail: kmr@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-18-04).

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: znv@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 233-11-25).

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, профессор, ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru, тел: +7 (342) 238-33-37).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-01-00126 А

и калорийной пищи, напитков с повышенной кислотностью. Например, кислое содержимое желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) может оказывать обширное повреждающее действие от эрозивных эффектов на эмаль и дентин зубов [10, 13] до образования язв в желудке и двенадцатиперстной кишке [20, 22].

Существующие модели оценки влияния факторов среды обитания на здоровье, как правило, являются «моделями черного ящика» и не учитывают в явном виде переменную экспозицию факторов, длительность и механизмы воздействия, физиологию органов и систем [4, 9]. Для более глубокого понимания процессов развития нарушений в органах и системах коллективом исследователей, к которым относятся и авторы статьи, предложена математическая модель, в основе которой лежит использование многоуровневого подхода [2]. На верхнем (или макро) уровне модели рассматривается осредненное взаимодействие органов и систем с помощью системы обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих эволюцию поврежденности. Поврежденность характеризует функциональные возможности органа и принимает значения от 0 до 1 (отсутствию функциональных нарушений в органе соответствует 0, полному невыполнению функций – 1). Предполагается, что поврежденность изменяется с течением времени (возраста) за счет процессов естественного старения и самовосстановления органов, ненормативного поступления питательных и химических веществ, лечебного воздействия. На среднем (или мезо) уровне более детально рассматривается физиология конкретного органа или системы, механизмы повреждений, взаимодействия с другими системами организма. Следует отметить, что на данном этапе активно разрабатываются подмодели мезоуровня дыхательной, пищеварительной и нейроэндокринной систем [6, 8]. В дальнейшем может возникнуть необходимость в разработке моделей для описания процессов повреждений на клеточном (или микро) уровне.

Для решения задач, связанных с поступлением в организм человека химических веществ с продуктами питания и питьевой водой, на мезоуровне разрабатывается модель пищеварительной системы [5]. Эта модель является сложной и требует разработки дополнительных подмоделей для более детального описания процессов пищеварения и накопления повреждений в различных органах пищеварительной системы и участках ЖКТ. Проблемам разработки одной

из таких математических подмоделей для описания физиологических процессов в антродуоденальном отделе (антродуоденуме) пищеварительного тракта посвящена данная статья. Именно в этом участке тракта чаще всего наблюдаются нарушение слизистого покрова и язвообразование [1, 3], что является результатом изменения равновесия между механизмами защиты и повреждений [22]. Один из основных факторов накопления повреждения слизистой – повышенная кислотность в тракте, которая может возникнуть за счет различных причин, в том числе из-за недостаточной секреции щелочи для нейтрализации кислоты, наличия дефектов местного кровотока и многих других факторов.

Непосредственное измерение кислотности в ЖКТ [11] сопряжено с рядом недостатков: требуются существенные временные и материальные затраты, измерение осуществляется только в нескольких точках в некоторые моменты времени, сложности прогноза, возможно возникновение неприятных ощущений у обследуемого индивида. Кроме того, проникновение приборов внутрь организма способно исказить результаты исследований. По сравнению с экспериментом математические подходы позволяют быстро изменять дизайн исследования, включая/выключая отдельные факторы или условия.

Для рассмотрения пространственно распределенных характеристик в ЖКТ представляется целесообразным описывать исследуемые процессы методами механики многофазных сред с применением дифференциальных уравнений в частных производных. В последнее десятилетие активно развиваются математические модели для описания течения пищи в пищеводе [7, 25], желудке [14, 15, 18] и кишечнике [17, 16, 19]. Следует отметить, что при разработке моделей исследователи, как правило, рассматривают моторную функцию тракта, а биохимическим реакциям, секрециям пищеварительных желез и всасыванию компонент пищи уделяется меньше внимания. Сравнительно немного работ посвящено многофазному моделированию. При этом не учитываются реалистичная трехмерная форма участков ЖКТ и наличие функциональных нарушений, а также процессы растворения пищи под действием соляной кислоты и ферментов.

В рамках описываемой в данной статье математической модели многофазного течения в антродуоденуме на предыдущих этапах исследования сформулированы концептуальная

и математическая постановки задачи, разработаны алгоритмы реконструкции трехмерной формы и моторики тракта по результатам УЗИ, получены некоторые результаты по скорости растворения пищи при нарушениях секреторной функции антродуоденума [26].

Целью представленной работы является исследование кислотности в антродуоденальной области ЖКТ с применением методов математического моделирования для идентификации аномальных зон при употреблении напитков с различным уровнем pH.

Материалы и методы. Рассматривается многофазное течение в антродуоденальной области ЖКТ, в общем случае первая фаза представляет собой многокомпонентную жидкость (вода, фермент пепсин, соляная кислота, гидрокарбонат натрия, углекислый газ, хлорид натрия, растворенные сложные белки, жиры, углеводы, полипептиды, химические вещества). Предполагается, что компоненты растворены на молекулярном уровне. Для описания пищи используется несколько жидких фаз различной вязкости. В функциях межфазного взаимодействия предполагается сферическая форма частиц пищи, фазы отличаются диапазонами размеров. Силы межфазного взаимодействия полагаются пропорциональными разностям скоростей взаимодействующих фаз.

Под воздействием кислоты осуществляется переход массы из фаз пищи в компоненты (вода, растворенные белки, жиры, углеводы, химические вещества) первой фазы. Скорость межфазного перехода зависит от уровня pH среды, растворение пищи происходит только в кислой среде. В модели учитывается реакция нейтрализации между кислотой и гидрокарбонатом натрия, ферментативная реакция между пепсином и сложными белками.

В модель введена поврежденность для нескольких участков тракта – тела желудка, антрума, дуоденума, а также поврежденность поджелудочной железы и печени, определяющая интенсивность массового источника гидрокарбоната натрия в области выхода протоков от этих органов. Поврежденность определена по каждой функции: моторной, секреторной, всасывательной. Предполагается, что при нарушении моторной функции снижается амплитуда перистальтической волны в антруме и дуоденуме и ослабевают сократительные возможности пилорического отверстия; при нарушениях секреторной функции уменьшается интенсивность массового источника кислоты или щелочи вбли-

зи границы области (стенки тракта); при нарушении функции всасывания снижается интенсивность массового стока химических веществ.

В предложенной модели явным образом не учитывается гиперсекреция кислоты. Предполагается, что повышенный выброс кислоты обусловлен нарушением регуляторных механизмов – неадекватным ответом на стимуляцию пищи. Из механизмов снижения моторной функции рассматривается только слабость мышц циркулярного слоя стенки тракта, другие нарушения, например, изменения периодичности сокращений, не учитываются. Снижение всасывания токсических веществ при поврежденной стенке тракта может объясняться изменением свойств слизистой из-за длительного воздействия токсиканта, что является одним из механизмов толерантности. Следует отметить, что в модели не учитывается динамическое изменение вязкости и плотности фаз, тем не менее в численных экспериментах можно варьировать свойства фаз и анализировать результаты, которые будут соответствовать, например, разным стадиям пищеварения в желудке.

Скорость секреции соляной кислоты описывается зависимостью от средней пристеночной концентрации растворенных белков, жиров и углеводов в теле желудка. Интенсивность массового источника пепсина определяется концентрацией растворенных белков. Целесообразность использования только пристеночной концентрации обусловлена физиологическим мотивом – рецепторы, расположенные в стенке тракта, измеряют уровень управляющего элемента и передают сигнал на управление. Описанная выше регуляция осуществляется местно, в отличие от сигнала на изменение интенсивности массового источника гидрокарбоната натрия. Секреция щелочи в антруме, дуоденуме, а также с соком поджелудочной железы и печени зависит от пристеночной концентрации кислоты в области тела желудка и от функциональности нейроэндокринной системы по передаче сигнала на управление. Указанные зависимости описываются соотношениями с насыщением, аналогичными по типу уравнению Михаэлиса–Ментен.

Таким образом, математическая постановка задачи включает в себя запись уравнений сохранения массы и импульса для смеси жидких несжимаемых фаз, соотношений для вектора интенсивности потока массы за счет диффузионных процессов, соотношений для массовых источников за счет реакций, секреции и всасы-

вания компонент, растворения пищи, начальных и граничных условий [26]. В первом приближении все процессы полагаются изотермическими, поэтому в математическую постановку задачи не включаются температурные эффекты.

Результаты и их обсуждение. Исследуется влияние изначально повышенной кислотности (например, за счет принятой кислой жидкости) на динамическое распределение кислотности в антродуоденуме. В этом случае получается некоторое упрощение модели – рассматривается однофазная многокомпонентная жидкость (вода, кислота, гидрокарбонат натрия, хлорид натрия, углекислый газ).

В начальный момент времени в желудке задается повышенная концентрация кислоты, что соответствует напитку с определенными объемом и кислотностью. В первом сценарии рассматривается случай употребления напитка с нейтральной кислотностью ($\text{pH} = 7$) объемом 170 мл, например, воды. Во втором сценарии анализируется распределение кислотности в желудочно-кишечном тракте при употреблении напитка с повышенной кислотностью $\text{pH} = 3,5$ объемом 170 мл, что соответствует, например, яблочному, апельсиновому соку или другим фруктовым сокам и газированным напиткам. В третьем сценарии рассматривается случай употребления напитка с кислотностью ($\text{pH} = 2,3$) объемом 170 мл. Такой уровень кислотности наблюдается у лимонного сока, «Кока-Колы» и других газированных напитков [24].

Во всех трех сценариях какие-либо функциональные нарушения в антродуоденуме отсутствуют, в частности, интенсивности секреции соляной кислоты и гидрокарбоната натрия соответствуют физиологическим уровням у здорового человека.

Анализируя результаты, полученные в первом сценарии, мы можем видеть, что в полости желудка кислотность составляет от 2,5 до 3,5 pH (рис. 1, а). Параметры соответствуют физиологическим нормативам. В пристеночных слоях полости антрума и двенадцатиперстной кишки образуется область меньшей кислотности (от 5 до 7 pH) для защиты от негативного воздействия.

В сценарии 3 можно наблюдать повышенную кислотность в полости антродуоденума (рис. 1, б). В области луковицы двенадцатиперстной кишки pH вблизи стенки достигает 3, что может оказывать негативное воздействие на состояние слизистой оболочки тракта. На рис. 1, б, отмечены три точки мониторинга

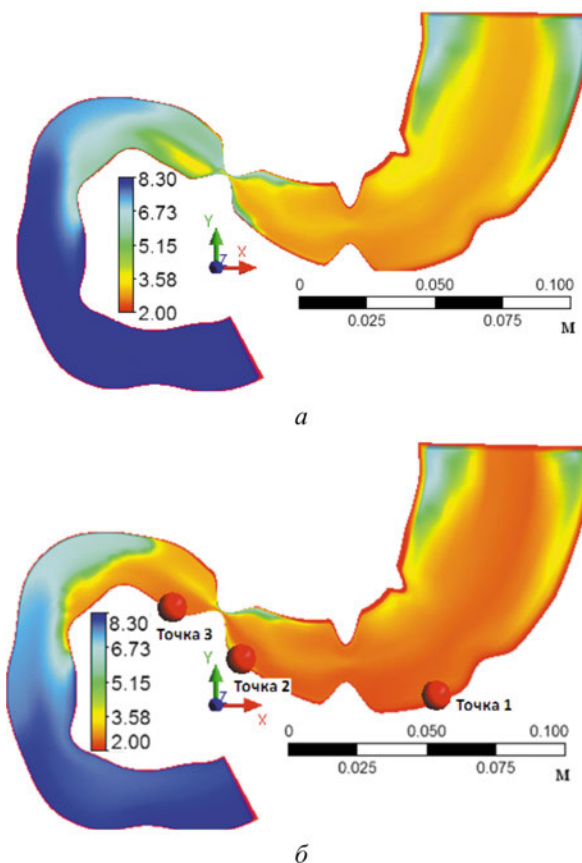


Рис. 1. Распределение кислотности в тракте:
а – сценарий 1, $t = 330$ с; б – сценарий 3, $t = 330$ с

в пристеночном слое тела желудка (точка 1), пилорического отдела (точка 2) и луковицы двенадцатиперстной кишки (точка 3).

В первом сценарии можно наблюдать, что кислотность в приграничных слоях желудка находится в пределах физиологической нормы (рис. 2, а). В пилорическом отделе желудка и луковице двенадцатиперстной кишки наблюдается небольшое повышение кислотности вследствие поступления кислого содержимого желудка в дуоденум, что обусловлено увеличением интенсивности выработки кислоты в ответ на растяжение желудка.

Во втором сценарии уровень pH в пристеночном слое тела желудка и пилорического отдела близок к значениям, полученным в первом сценарии при употреблении воды (рис. 2, а, б). В этом случае механизмы защиты слизистой антрума и пилорического отдела справляются с нейтрализацией агрессивного воздействия кислоты. Вследствие поступления кислого содержимого в кишечник pH в дуоденуме понижается до 4 в течение 5,5 минуты после приема напитка, оставаясь значительно выше значений pH , полученных в сценарии 3 (рис. 2, в).

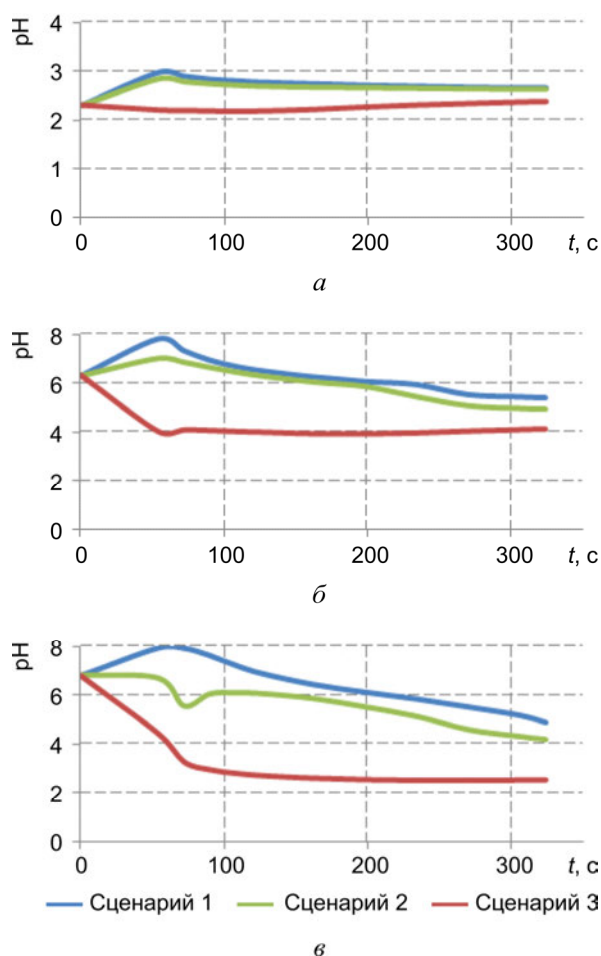


Рис. 2. Динамика уровня pH вблизи стенки тракта в различных частях ЖКТ: а – тело желудка (точка 1); б – пилорический отдел (точка 2); в – луковица двенадцатиперстной кишки (точка 3)

В третьем сценарии можно наблюдать значительно повышенную кислотность в пилорическом отделе желудка и луковице двенадцатиперстной кишки вследствие наличия кислого напитка (рис. 2, б, в). Постепенно (спустя 3 минуты от приема напитка) уровень pH в пристеночном слое пилорического отдела желудка начинает медленно возрастать вследствие нейтрализации кислоты и перехода кислого напитка в кишечник. В силу поступления напитка в кишечник в области луковицы дуоденума кислотность остается значительно выше (2,3 pH).

В целом можно отметить, что при отсутствии функциональных нарушений гидрокарбонат натрия значительно эффективней нейтрализует избыточную кислотность в антродуоденуме при употреблении заданного объема напитка с $\text{pH} > 3,5$. Напитки с $\text{pH} = 2,3$ обладают суще-

ственно большим повреждающим потенциалом для слизистой оболочки стенки ЖКТ, так как в сценарии 3 в течение всего расчетного времени уровень кислотности в антродуоденуме остается критически высоким. В случае наличия нарушений секреции щелочи следует ожидать расширение площади потенциального поражения стенки тракта. Негативное воздействие кислоты может выражаться в подавлении способностей к восстановлению клеток слизистого слоя [23].

Полученные результаты по распределению кислотности в тракте согласуются с известными данными экспериментов: у здоровых людей средний уровень pH в теле желудка равен 2,7 [12], а при употреблении «Кока-Колы» достоверно возрастает время повышенной кислотности в дуоденуме [21].

Выводы. Предложенная математическая модель многофазного течения в антродуоденуме может быть использована для выделения областей аномальной повышенной кислотности в пилорическом отделе кишечника и дуоденуме в зависимости от объема и pH принятого напитка.

Кроме того, в дальнейшем планируется проведение численных исследований по влиянию плотности и вязкости фаз, наличия функциональных нарушений, индивидуальных характеристик формы и моторики тракта на характеристики процесса многофазного течения в антродуоденальной области ЖКТ.

Представленные в работе результаты вносят значимый вклад в развитие направления математического моделирования для описания многофазных течений в биоканалах сложной формы с подвижными границами, наличием массовых источников. Перспективным направлением развития модели является идентификация параметров эволюции поврежденности участков тракта за счет воздействия кислоты, самовосстановления и лечения. В этом случае модель может быть применена для прогнозирования рисков развития поражений с выявлением областей их локализации. Для практического использования целесообразно расширить спектр описываемых моделью заболеваний и нарушений, а также добавить в модель учет активности ферментов для более детального описания процессов пищеварения в двенадцатиперстной кишке.

Список литературы

1. Авраменко А.А., Гоженко А.И., Гойдык В.С. К вопросу о локализации и численности язвенных дефектов, которые образуются у больных хроническим хеликобактериозом и при экспериментальном моделировании на крысах // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2008. – Т. 12, № 2. – С. 124–127.
2. Математическая модель эволюции функциональных нарушений в организме человека с учетом внешнесредовых факторов / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – № 2. – С. 589–610.
3. Осадчий В.А., Буканова Т.Ю. Клинико-морфологические и патогенетические особенности эрозивно-язвенных поражений гастродуоденальной зоны у больных с различной тяжестью хронической сердечной недостаточности, ассоциированной с ишемической болезнью сердца // Журнал Сердечная Недостаточность. – 2014. – Т. 15, № 6. – С. 374–381. DOI: 10.18087/rhfj.2014.6.2004
4. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: монография / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева / под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
5. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Камалтдинов М.Р. Моделирование пищеварительных процессов с учетом функциональных нарушений в организме человека: концептуальная и математическая постановки, структура модели // Российский журнал биомеханики – 2013. – № 4. – С. 67–83.
6. Цинкер М.Ю. Трехмерное моделирование дыхательной системы человека для задач оценки рисков здоровью при ингаляционной экспозиции химических веществ // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 1. – С. 90–93.
7. A fully resolved active musculo-mechanical model for esophageal transport / W. Kou, A.P.S. Bhalla, B.E. Griffith, J.E. Pandolfino, P.J. Kahrilas, N.A. Patankar // Journal of Computational Physics. – 2015. – Vol. 298. – P. 446–465.
8. A mathematical model of the immune and neuroendocrine systems mutual regulation under the technogenic chemical factors impact / N.V. Zaitseva, D.A. Kiryanov, D.V. Lanin, V.M. Chigvintsev // Computational and Mathematical Methods in Medicine. – 2014. – Vol. 2014. – P. 492489. DOI: 10.1155/2014/492489.
9. A review of quantitative risk-benefit methodologies for assessing drug safety and efficacy report of the ISPOR risk-benefit management working group / J.J. Guo, S. Pandey, D. John, B. Bian, Y. Lis, D.W. Raisch // International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research. – 2010. – Vol. 13. – P. 567–666.
10. Acidic beverages increase the risk of in vitro tooth erosion / L.A. Ehlen, T.A. Marshall, F. Qian, J.S. Wefel, J.J. Warren // Nutr. Res. – 2008. – Vol. 28, № 5. – P. 299–303.
11. Emde C., Garner A., Blum A.L. Technical aspects of intraluminal pH-metry in man: current status and recommendations // Gut. – 1987. – Vol. 28. – P. 1177–1188.
12. Eradication of *Helicobacter pylori* increases gastric acidity in patients with atrophic gastritis of the corpus: evaluation of 24-h pH monitoring / K. Haruma, M. Mihara, E. Okamoto, H. Kusunoki, M. Hananoki, S. Tanaka, M. Yoshihara, K. Sumii, G. Kajiyama // Alimentary Pharmacology & Therapeutics. – 1999. – Vol. 13. – P. 155–162.
13. Erosive potential of soft drinks on human enamel: an in vitro study / Y.L. Wang, C.C., Chang, C.W. Chi, H.H. Chang, Y.C. Chiang, Y.C. Chuang, H.H. Chang, G.F. Huang, Y.S. Liao, C.P. Lin // J. Formos. Med. Assoc. – 2014. – Vol. 113, № 11. – P. 850–856.
14. Ferrua M.J., Singh R.P. Computational modelling of gastric digestion: current challenges and future directions // Current Opinion in Food Science. – 2015. – Vol. 4. – P. 116–123.
15. Ferrua M.J., Xue Z., Singh R.P. On the kinematics and efficiency of advective mixing during gastric digestion – A numerical analysis // Journal of Biomechanics. – 2014. – Vol. 47. – P. 3664–3673.
16. Flow and mixing by small intestine villi / Y.F. Lim, C. de Loubens, R.J. Love, R.G. Lentle, P.W.M. Janssen // Food and Function. – 2015. – Vol. 6. – P. 1787–1795.
17. Fullard L.A., Lammers W.J., Ferrua M.J. Advective mixing due to longitudinal and segmental contractions in the ileum of the rabbit // Journal of Food Engineering. – 2015. – Vol. 160. – P. 1–10.
18. Hao S., Wang B., Wang Y. Density-dependent gastroretentive microparticles motion in human gastric emptying studied using computer simulation // European Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2015. – Vol. 70. – P. 72–81.
19. Investigating the relationships between peristaltic contraction and fluid transport in the human colon using Smoothed Particle Hydrodynamics / M. Sinnott, P.W. Cleary, J.W. Arkwright, P.G. Dinning // Computers in Biology and Medicine. – 2012. – Vol. 42, № 4. – P. 492–503.
20. Lam S.K. Pathogenesis and pathophysiology of duodenal ulcer // Clinics in Gastroenterology. – 1984. – Vol. 13, № 2. – P. 447–472.
21. McCloy R.F., Greenberg G.R., Baron J.H. Duodenal pH in health and duodenal ulcer disease: effect of a meal, Coca-Cola, smoking, and cimetidine // Gut. – 1984. – Vol. 25, № 4. – P. 386–392.
22. Shay H., Sun D.C.H. Etiology and pathology of gastric and duodenal ulcer / In: Bockus H.L. Gastroenterology. – Philadelphia–London, 1968. – Vol. 1. – P. 420–465.

23. The inhibiting effect of cola on gastric mucosal cell cycle proliferation in humans / S. Kapicioğlu, A. Baki, Y. Tekelioğlu, M. Arslan, M. Sari, E. Ovali // Scand. J. Gastroenterol. – 1998. – Vol. 33, № 7. – P. 701–703.
24. The pH of beverages in the United States / A. Reddy, D.F. Norris, S.S. Momeni, B. Waldo, J.D. Ruby // J. Am. Dent. Assoc. – 2016. – Vol. 147, № 4. – P. 255–263.
25. Toklu E. A new mathematical model of peristaltic flow on esophageal bolus transport // Scientific research and essays. – 2011. – Vol. 6. – P. 6606–6614.
26. Trusov P.V., Zaitseva N. V., Kamaltdinov M.R. A multiphase flow in the antroduodenal portion of the gastrointestinal tract: a mathematical model // Computational and Mathematical Methods in Medicine. – 2016. – Vol. 2016. – P. 5164029.

Камалтдинов М.Р., Зайцева Н.В., Шур П.З. Численное моделирование распределения кислотности в антродуоденуме для идентификации аномальных зон при употреблении напитков с различным уровнем pH // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 38–46. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.05

UDC 532:612.3

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.05

NUMERICAL MODELING OF ACIDITY DISTRIBUTION IN ANTRODUODENUM AIMED AT IDENTIFYING ANOMALOUS ZONES AT CONSUMING DRINKS WITH DIFFERENT PH LEVEL

M.R. Kamaltdinov, N.V. Zaitseva, P.Z. Shur

Federal Scientific Center for Medical and Preventing Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russia

The article focuses on describing mathematical model of a multi-phase flow in antroduodenum and its application for predicting digestive process features, including pH level detection. The suggested sub-model representing antroduodenal area of gastrointestinal tract is being developed within the frameworks of mathematical multilevel model depicting evolution of damage to critical organs and systems under exposure to risk factors. We introduced damages as per three functions (motor, secretory and absorbing one) to several gastrointestinal tract zones (body of stomach, antrum, and duodenum) and to pancreas and liver, into the sub-model. Mathematical problem statement includes records of mass and impulse conservation equations for mixture of liquid incompressible phases; ratios for mass flow intensity vector due to diffusion processes; ratios for mass sources due to reactions, secretion and components absorption, food dissolution, initial and terminal conditions. We obtained numeric experiment results when drinks with various pH level (2.3; 3.5; 7) were consumed; they revealed that anomalous considerable increase in acidity occurred in pyloric opening zone and duodenal cap zone when a drink with pH level equal to 2.3 was consumed. The results presented in this work make a considerable contribution into mathematical modeling development used to describe multiphase flows in biological channels with variable form. We showed that obtained acidity levels in various antroduodenum zones correspond to experimental data given in the works of other researchers. In future the model can be applied to predict risks of duodenum damages evolvement together with detecting areas of their localization under exposure to negative factors.

Key words: mathematic modeling, functional damages evolution, antroduodenum, pH level, neutralization of acid, mucous tunic damages, tract motility, risk factors.

© Kamaltdinov M.R., Zaitseva N.V., Shur P.Z., 2017

Marat R. Kamaltdinov – senior researcher (e-mail: kmr@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04).

Nina V. Zaitseva – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medicine, Professor, Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 233-11-25).

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

References

1. Avramenko A.A., Gozhenko A.I., Goidyk V.S. K voprosu o lokalizatsii i chislennosti yazvennykh defektov, kotorye obrazuyutsya u bol'nykh khronicheskim khelikobakteriozom i pri eksperimental'nom modelirovanii na kryсах [On importance from localization and quantity of ulcer defects which form on patients suffering from chronic helicobacteriosis and because of experimentally models on the rats]. *Aktual'nye problemy transportnoi meditsiny*, 2008, vol. 12, no. 2, pp. 124–127 (in Russian).
2. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu., Chigvintsev V.M., Lanin D.V. Matematicheskaya model' evolyutsii funktsional'nykh narushenii v organizme cheloveka s uchetom vneshnesredovykh faktorov [A Mathematical Model for Evolution of Human Functional Disorders Influenced by Environment Factors]. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*, 2012, no. 2, pp. 589–610 (in Russian).
3. Osadchii V.A., Bukanova T.Yu. Kliniko-morfologicheskie i patogeneticheskie osobennosti erozivno-yazvennykh porazhenii gastroduodenal'noi zony u bol'nykh s razlichnoi tyazhest'yu khronicheskoi serdechnoi nedostatochnosti, assotsiirovannoi s ishemicheskoi bolezn'yu serdtsa [Clinical-morphological and pathogenetic peculiarities of erosive-ulcerous damages to gastroduodenal zone in patients suffering from chronic cardiac insufficiency with various gravity associated with ischemic heart disease]. *Zhurnal serdechnaya nedostatochnost'*, 2014, vol. 15, no. 6, pp. 374–381. DOI: 10.18087/rhfj.2014.6.2004 (in Russian).
4. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdествii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu: monografiya [Basics of population health risk assessment under exposure to chemicals which pollute environment: monograph]. In: Yu.A. Rakhmanin, G.G. Onishchenko eds. Moscow, NII ECh and GOS Publ., 2002, 408 p. (in Russian).
5. Trusov P.V., Zaitseva N.V., Kamaltdinov M.R. Modelirovanie pishchevaritel'nykh protsessov s uchetom funktsional'nykh narushenii v organizme cheloveka: kontseptual'naya i matematicheskaya postanovki, struktura modeli [Digestive process modeling allowing for functional disorders in a human body: conceptual and mathematic statement, structure of a model]. *Rossiiskii zhurnal biomekhaniki*, 2013, no. 4, pp. 67–83 (in Russian).
6. Tsinker M.Yu. Trekhmernoe modelirovanie dykhatel'noi sistemy cheloveka dlya zadach otsenki riskov zdorov'yu pri ingyatsionnoi ekspozitsii khimicheskikh veshchestv [Three-dimensional modeling of human respiratory system for tasks of health risk assessment in the exposure to the chemicals inhalation]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 90–93 (in Russian).
7. Kou W., Bhalla A.P.S., Griffith B.E., Pandolfino J.E., Kahrilas P.J., Patankar N.A. A fully resolved active musculo-mechanical model for esophageal transport. *Journal of Computational Physics*, 2015, vol. 298, pp. 446–465.
8. Zaitseva N.V., Kiryanov D.A., Lanin D.V., Chigvintsev V.M. A mathematical model of the immune and neuroendocrine systems mutual regulation under the technogenic chemical factors impact. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2014, vol. 2014, pp. 492489. DOI: 10.1155/2014/492489.
9. Guo J. J., Pandey S., John D., Bian B., Lis Y., Raisch D.W. A review of quantitative risk–benefit methodologies for assessing drug safety and efficacy report of the ISPOR risk–benefit management working group. *International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*, 2010, vol. 13, pp. 567–666.
10. Ehlen L.A., Marshall T.A., Qian F., Wefel J.S., Warren J.J. Acidic beverages increase the risk of in vitro tooth erosion. *Nutr Res*, 2008, vol. 28, no. 5, pp. 299–303.
11. Emde C., Garner A., Blum A.L. Technical aspects of intraluminal pH-metry in man: current status and recommendations. *Gut*, 1987, vol. 28, pp. 1177–1188.
12. Haruma K., Mihara M., Okamoto E., Kusunoki H., Hananoki M., Tanaka S., Yoshihara M., Sumii K., Kajiyama G. Eradication of *Helicobacter pylori* increases gastric acidity in patients with atrophic gastritis of the corpus-evaluation of 24-h pH monitoring. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 1999, vol. 13, pp. 155–162.
13. Wang Y.L., Chang C.C., Chi C.W., Chang H.H., Chiang Y.C., Chuang Y.C., Chang H.H., Huang G.F., Liao Y.S., Lin C.P. Erosive potential of soft drinks on human enamel: an in vitro study. *J Formos Med Assoc*, 2014, vol. 113, no. 11, pp. 850–856.
14. Ferrua M.J., Singh R.P. Computational modelling of gastric digestion: current challenges and future directions. *Current Opinion in Food Science*, 2015, vol. 4, pp. 116–123.
15. Ferrua M.J., Xue Z., Singh R.P. On the kinematics and efficiency of advective mixing during gastric digestion – A numerical analysis. *Journal of Biomechanics*, 2014, vol. 47, pp. 3664–3673.
16. Lim Y.F., de Loubens C., Love R.J., Lentle R.G., Janssen P.W.M. Flow and mixing by small intestine villi. *Food and Function*, 2015, vol. 6, pp. 1787–1795.
17. Fullard L.A., Lammers W.J., Ferrua M.J. Advective mixing due to longitudinal and segmental contractions in the ileum of the rabbit. *Journal of Food Engineering*, 2015, vol. 160, pp. 1–10.
18. Hao S., Wang B., Wang Y. Density-dependent gastroretentive microparticles motion in human gastric emptying studied using computer simulation. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2015, vol. 70, pp. 72–81.

19. Sinnott M., Cleary P.W., Arkwright J.W., Dinning P.G. Investigating the relationships between peristaltic contraction and fluid transport in the human colon using Smoothed Particle Hydrodynamics. *Computers in Biology and Medicine*, 2012, vol. 42, no.4, pp. 492–503.
20. Lam S.K. Pathogenesis and pathophysiology of duodenal ulcer. *Clinics in Gastroenterology*, 1984, vol. 13, no.2, pp. 447–472.
21. McCloy R.F., Greenberg G.R., Baron J.H. Duodenal pH in health and duodenal ulcer disease: effect of a meal, Coca-Cola, smoking, and cimetidine. *Gut*, 1984, vol. 25, no. 4, pp. 386–392.
22. Shay H. Etiology and pathology of gastric and duodenal ulcer/ H. Shay, D.C.H. Sun. In: Bockus H.L. *Gastroenterology*. Philadelphia–London, 1968, vol. 1, pp. 420–465.
23. Kapicioğlu S., Baki A., Tekelioğlu Y., Arslan M., Sari M., Ovali E. The inhibiting effect of cola on gastric mucosal cell cycle proliferation in humans. *Scand. J. Gastroenterol*, 1998, vol. 33, no.7, pp. 701–703.
24. Reddy A., Norris D.F., Momeni S.S., Waldo B., Ruby J.D. The pH of beverages in the United States. *J. Am. Dent. Assoc*, 2016, vol. 147, no. 4, pp. 255–263.
25. Toklu E. A new mathematical model of peristaltic flow on esophageal bolus transport. *Scientific research and essays*, 2011, vol. 6, pp. 6606–6614.
26. Trusov P.V., Zaitseva N. V., Kamaltdinov M.R. A multiphase flow in the antroduodenal portion of the gastrointestinal tract: a mathematical model. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2016, vol. 2016, pp. 5164029.

Kamaltdinov M.R., Zaitseva N.V., Shur P.Z. Numerical modeling of acidity distribution in antroduodenum aimed at identifying anomalous zones at consuming drinks with different pH level. Health Risk Analysis, 2017, no. 1, pp. 38–46. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.05.eng

Получена: 12.01.2017

Принята: 20.03.2017

Опубликована: 30.03.2017

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 614.7

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.06

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА ПРИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЯХ ТРАХЕИ, БРОНХОВ И ЛЕГКОГО

Г.Т. Айдинов^{1,2}, Б.И. Марченко^{1,3}, Ю.А. Синельникова¹

¹ Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области, Россия, 344019, г. Ростов-на-Дону, 7-я линия, 67

² Ростовский государственный медицинский университет, Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29

³ Южный федеральный университет, Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42

Представлены результаты многомерного анализа структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и легкого. В работе использованы специализированные базы данных персонифицированного учета онкологических заболеваний в городе Таганроге Ростовской области за период 1986–2015 гг. (30 684 зарегистрированных случая злокачественных новообразований, в том числе 3480 случаев рака трахеи, бронхов и легкого). При проведении аналитических исследований применены как многомерные статистические методы – факторный анализ и иерархический кластерный анализ корреляций, так и традиционные методы эпидемиологического анализа, включая расчеты этиологической доли (EF), а также оригинальный метод оценки реального (эпидемиологического) риска. Среднемноголетний показатель заболеваемости раком трахеи, бронхов и легкого за период 2001–2015 гг. составляет 46,64 ‰. За последние 15 лет сформировалась устойчивая тенденция к снижению при среднегодовом темпе прироста –1,22 %. В структуре онкологической заболеваемости данная локализация занимает третье ранговое место с удельным весом 10,02 %. Определена этиологическая доля (EF) табакокурения как приоритетного фактора риска заболевания раком трахеи, бронхов и легкого, составляющая 76,19 % для лиц в возрасте 40 лет и старше, 81,99 % – для лиц в возрасте 60 лет и старше. Применение многомерных статистических методов (факторного анализа и кластерного анализа корреляций) в ходе настоящего исследования позволило упростить факторную структуру – выделить, интерпретировать, количественно оценить информативность и ранжировать четыре групповых (латентных) потенциальных фактора риска заболевания раком легкого.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, оценка риска, факторы риска, злокачественные новообразования, канцерогенный риск, факторный анализ, иерархический кластерный анализ корреляций.

В настоящее время приоритетным направлением в решении задач формирования инновационной методологической базы гигиенических исследований является совершенствование отечественной методологии оценки и анализа риска. Что представляет собой современный инструментарий, существенно расширяющий аналитические и прогностические возможности исследователей, включающий эле-

менты ситуационного и имитационного моделирования [6, 8, 9]? Методология оценки и анализа риска гармонично дополняет традиционные методы аналитических исследований эпидемиологического типа, адаптированные для ведения социально-гигиенического мониторинга на региональном и муниципальном уровнях. Так, в Ростовской области при изучении причинно-следственных связей в системе «среда обита-

© Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А., 2017

Айдинов Геннадий Трфадович – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Международной академии наук, экологии, безопасности человека и природы, главный врач, заведующий кафедрой гигиены (e-mail: master@donses.ru; тел.: 8 (863) 251-04-92).

Марченко Борис Игоревич – доктор медицинских наук, профессор, научный консультант (e-mail: hie_sfu@mail.ru; тел.: 8 (863) 437-16-35).

Синельникова Юлия Анатольевна – заведующий отделением социально-гигиенического мониторинга (e-mail: sgm@donses.ru; тел.: 8 (863) 251-04-74).

ния – здоровье населения» наряду с категоризованными данными, представленными в формах государственной и отраслевой статистической отчетности, применяются специализированные базы данных. Они формируются на основе персонифицированного учета случаев злокачественных новообразований, что обуславливает необходимость применения методов многомерного статистического анализа [10].

В число потенциальных причин развития онкологических заболеваний в настоящее время включается широкий спектр разнородных факторов канцерогенного риска генетического (наследственного), средового (канцерогены, модификаторы химического канцерогенеза и другие), профессионально-производственного и индивидуального характера. В настоящее время приоритетным фактором риска развития рака легкого (РЛ) признается активное и пассивное табакокурение. Его роль оценивается более значимой, чем такого фактора риска индивидуального спектра, как злоупотребление алкоголем [2, 4, 14]. Так, по результатам исследований эпидемиологического типа этиологическая доля (*etiological fraction, EF*) табакокурения в структуре причин заболеваний злокачественными новообразованиями трахеи, бронхов и легкого для мужчин варьируется в пределах 85–95 %. Для женщин данный показатель несколько ниже и составляет 65–80 % [2, 16, 17, 19]. Показано, что у мужчин, выкуривающих в день более 30 сигарет, относительный риск (ОР) заболеть раком легкого в 4,3–4,5 раза выше, чем у выкуривающих менее 10 сигарет [15]. При этом полученные в ряде исследований данные свидетельствуют о том, что риск развития рака легкого в большей степени зависит от стажа, чем от интенсивности табакокурения [4]. Сочетание активного и пассивного табакокурения с потенцирующими его эффект факторами наследственности рассматривается как индивидуальная онкологическая предрасположенность к заболеванию раком легкого [1]. К значимым индивидуальным факторам риска, наряду с табакокурением и злоупотреблением алкоголем, ряд авторов относят и избыточный вес, и низкую физическую активность, и недостаток в рационе фруктов и овощей – главный источник антиоксидантов [13, 14]. Среди факторов риска популяционного уровня существенная роль отводится не только антропогенному загрязнению воздушной среды канцерогенными ксенобиотиками, но и воздействию ионизирующих излучений, прежде всего за счет радона. Так, по

результатам метаанализа воздействием радона обусловлены около 10 % всех летальных исходов от рака легкого, свыше 30 % смертей – среди некурящих лиц [5, 11, 12, 18, 20].

С нашей точки зрения, с учетом гипотезы о мультикаузальной природе злокачественных новообразований (ЗН), обязательным компонентом анализа факторов риска в рамках социально-гигиенического мониторинга является исследование их структуры. Важна количественная характеристика и качественная интерпретация наиболее типичных сочетаний – групповых (латентных, скрытых) факторов риска, объединяющих разнородные, но тесно коррелирующие между собой исходные параметры [7, 10].

Цель исследования – изучение структуры и долевого вклада потенциальных факторов канцерогенного риска для приоритетных локализаций и форм злокачественных новообразований.

Материалы и методы. Аналитические исследования проведены на основе специализированной базы данных персонифицированного учета онкологической патологии в городе Таганроге Ростовской области с населением около 255 тысяч человек. В охваченный период (1986–2015 гг.) зарегистрировано 30 684 случая злокачественных новообразований. Нами применены два многомерных математико-статистических метода – факторный анализ и кластерный иерархический анализ корреляций [7, 10]. Корреляционные матрицы при выполнении факторного анализа рассчитывались на основе информации о 107 разнородных потенциальных факторах риска и других значимых параметрах, регистрируемых в специальных «Картах расследования случая злокачественного новообразования с впервые установленным диагнозом». Извлечение групповых (латентных) факторов проводилось методом главных компонентов. Для определения числа групповых (латентных) факторов были использованы критерии Кайзера и Кеттелла. Вращение факторов осуществлялось по методу Varimax. Возможность применения исходных данных для факторного анализа оценивалась по критериям адекватности выборки Кайзера – Мейера – Олкина и сферичности Барлетта. Каждый из извлеченных групповых (латентных) факторов объединяет в себе тесно коррелирующие между собой исходные (регистрируемые в первичной базе данных) факторы риска и относительно высокие значения факторных нагрузок. Значимость (долевой вклад) отдельных исход-

ных потенциальных факторов риска в рамках каждого извлеченного по результатам факторного анализа группового (латентного) фактора оценивалась по рассчитанным значениям их факторных нагрузок. Последние, в свою очередь, количественно характеризуют степень связи исходных и групповых (латентных) факторов. Исходные потенциальные факторы риска расценивались как высокоинформативные и значимые при величинах соответствующих им факторных нагрузок 0,500 и более. Качественная интерпретация извлеченных групповых (латентных) факторов заключалась в их смысловой идентификации через исходные потенциальные факторы риска. Применение метода кластерного иерархического анализа корреляций позволило осуществить классификацию исходных потенциальных факторов риска с группировкой их в иерархически организованные кластеры и графическим представлением результатов в виде наглядных дендрограмм. Анализ онкологической заболеваемости проведен с применением специализированного программного комплекса «Turbo oncologist», version 2.01. Он обеспечивает формирование как категориальных по формам статистической отчетности, так и персонифицированных баз данных. Софт реализует алгоритмы эпидемиологического анализа интенсивности (уровня), структуры, динамики и пространственной характеристики, а также оригинального метода оценки реального (эпидемиологического) риска [3]. При проведении процедур факторного анализа и иерархического кластерного анализа корреляций применялся

профессиональный пакет статистических программ Statistical Package for Social Science (SPSS), version 13.0 [7].

Результаты и их обсуждение. При выполнении данной работы нами было продолжено изучение структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях приоритетных форм и локализаций процесса [10]. Использованы данные о заболеваемости раком легкого, среднемноголетний показатель частоты которого среди населения г. Таганрога за период 2001–2015 гг. составляет $46,64 \pm 3,26 \text{ ‰}$. Причем на протяжении последних 15 лет сформировалась устойчивая тенденция к снижению заболеваемости со среднегодовым темпом прироста $-1,35 \text{ ‰}$. Модель многолетней динамики заболеваемости, описываемая экспоненциальной кривой с уравнением: $P(X) = 45,101 \cdot 0,987^X$, где $P(X)$ – показатель заболеваемости в году с порядковым номером X , оказалась статистически достоверной ($p < 0,05$). Она использована для расчета среднесрочных экстраполяционных прогнозов на 2016 и 2017 г. – $36,30 \pm 3,71$ и $35,81 \pm 3,71 \text{ ‰}$ соответственно (рис. 1).

В структуре суммарной онкологической заболеваемости данная локализация злокачественных новообразований за последние 15 лет стабильно находится на третьем ранговом месте с удельным весом 10,02 %. Выполненная оценка эпидемиологического риска с учетом региональных критериев, в основу которых положен расчет стандартизованного фонового риска для населения городов областного подчинения за

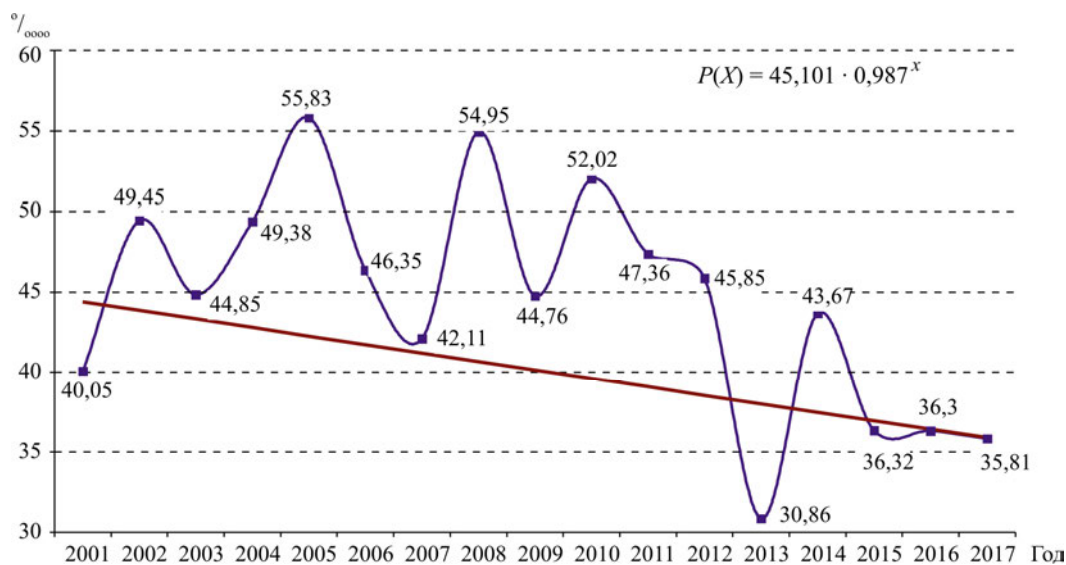


Рис. 1. Динамика заболеваемости 3Н трахеи, бронхов и легкого в городе Таганроге за период 1986–2015 гг. и среднесрочный экстраполяционный прогноз на 2016 и 2017 г.

пятнадцатилетний период (27,72 ‰), позволяет отнести ЗН трахеи, бронхов и легкого к числу приоритетных для населения Таганрога. Для этих новообразований диагностирован повышенный уровень реального риска при его частном нормированном показателе (W_i) равном 1,069 (четвертое ранговое место среди городов Ростовской области).

Согласно оценке распространенности основных потенциальных факторов риска за период 1986–2015 гг., удельный вес курящих среди 3480 больных ЗН трахеи, бронхов и легкого составляет 82,18 % (при среднегородском показателе 38,14 %). По данным за последние тридцать лет этиологическая доля (*etiological fraction, EF*) табакокурения в возникновении злокачественных новообразований данной локализации составляет 76,19 % для жителей Таганрога в возрасте 40 лет и старше, 81,99 % – для лиц в возрасте 60 лет и старше. При этом у 36,38 % больных раком легкого в анамнезе имеются хронические заболевания органов дыхания, у 13,31 % – случаи злокачественных новообразований аналогичной локализации среди кровных родственников, у 27,97 % – специфические неблагоприятные профессиональные факторы, у 23,97 % – разнородные факторы риска в быту, включая пассивное курение.

За восемь итераций были получены результаты факторного анализа. Удалось определить и содержательно интерпретировать четыре групповых (латентных) фактора, объясняющих 86,525 % суммарной дисперсии.

Первое ранговое место при доле дисперсии 37,082 % занял групповой фактор, который объединяет в себе четыре первичных регистрируемых потенциальных фактора риска. Наибольшая факторная нагрузка (0,982) в структуре первого группового (латентного) фактора приходится на активное курение. Стоит отметить, что учитывались только случаи привычного и пристрастного табакокурения со стажем 5 лет и более. Второе место среди исходных потенциальных факторов риска занимают хронические заболевания органов дыхания. Им соответствует факторная нагрузка, равная 0,885. На третьем месте находится фактор злоупотребления алкоголем с факторной нагрузкой 0,678. На четвертом – преимущественное употребление крепких алкогольных напитков (0,601). Таким образом, первый групповой (латентный) фактор, с учетом специфики включенных в него исходных потенциальных факторов риска и взаимосвязей между ними, можно содержательно интерпре-

тировать как «индивидуальные привычные интоксикации и сопутствующие хронические заболевания органов дыхания».

Групповой (латентный) фактор второго ранга с долей дисперсии 19,003 % объединяет в себе три исходных потенциальных фактора риска, которые в целом следует интерпретировать как «неблагоприятные параметры антропопотехногенной нагрузки и производственно-профессиональной среды». Первые два ранговых места по значениям факторных нагрузок занимают исходные факторы риска: 1) проживание на селитебных территориях с относительно высокими уровнями антропопотехногенной нагрузки на атмосферный воздух за счет выбросов автомобильного транспорта (0,777); 2) проживание в зоне интенсивного воздействия выбросов от стационарных источников промышленных предприятий (0,647). Третий исходный потенциальный фактор риска – специфическая профессиональная вредность (0,531). Сюда отнесено наличие в анамнезе больных контакта с различными специфическими для данной локализации ЗН профессиональными вредностями: хром, никель, мышьяк и их соединения; кремнезем, сажа, асбест, бензол, толуол, древесная пыль, ионизирующие излучения и другие.

Групповой фактор третьего ранга с долей дисперсии 16,334 % интерпретирован как «наследственная предрасположенность и потенциальные факторы риска индивидуального спектра». Он объединяет в себе пять исходных факторов: 1) ЗН трахеи, бронхов и легкого у кровных родственников (факторная нагрузка 0,641); 2) частые психоэмоциональные перегрузки и стрессы в семье и на работе (0,501); 3) пассивное курение (0,649); 4) заболевания эндокринной системы, в том числе диабет II типа, гипертиреоз, гипотиреоз (0,507); 5) контакт с пестицидами в быту (0,535).

Групповой фактор четвертого ранга с долей дисперсии 14,106 % интерпретируется как «индивидуальные особенности рациона и режима питания». В этой группе выделены три исходных фактора риска индивидуального спектра: 1) недостаток в рационе свежих овощей, зелени и фруктов (факторная нагрузка 0,629); 2) нерегулярный режим питания (0,571); 3) недостаток в рационе продуктов с высоким содержанием витаминов А, С и Е (0,504).

По результатам иерархического кластерного анализа корреляций установлено, что в структуре группового фактора первого ранга наибо-

лее тесно попарно взаимодействуют: а) активное привычное и пристрастное курение при стаже 5 лет и более и злоупотребление алкоголем; б) хронические заболевания трахеи, бронхов, легкого и употребление преимущественно крепких алкогольных напитков (рис. 2).

В рамках группового фактора второго ранга наиболее тесно связаны между собой проживание на селитебных территориях с относительно высокими уровнями загрязнения воздуха от автомобильного транспорта и проживание в зоне выбросов стационарных промышленных

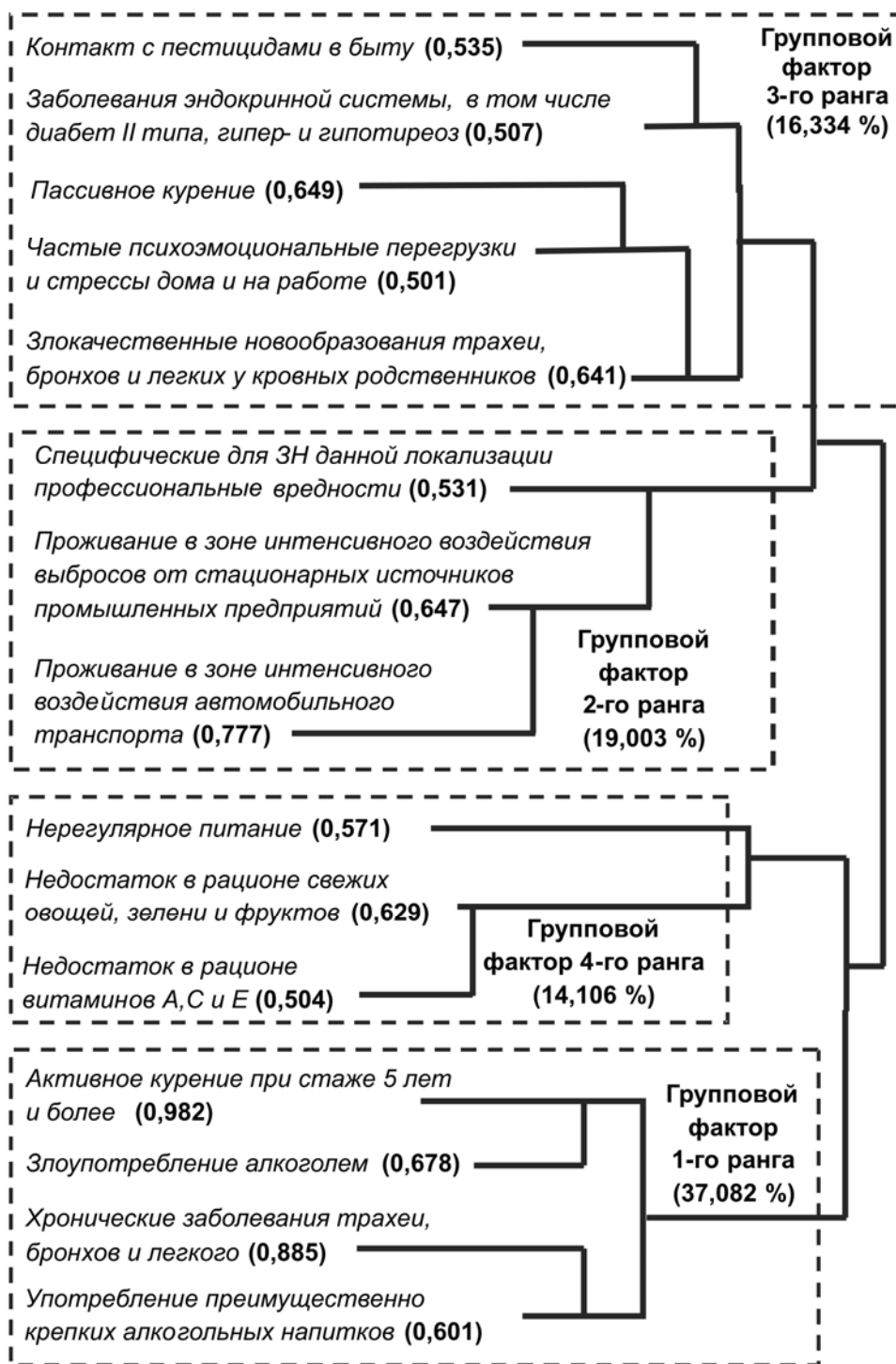


Рис. 2. Дендрограмма факторной структуры при ЗН трахеи, бронхов и легкого в г. Таганроге за период 1986–2015 гг.

предприятий. В структуре группового фактора третьего ранга («наследственная предрасположенность и потенциальные факторы риска индивидуального спектра») при проведении кластерного анализа корреляций обнаружены взаимосвязи в двух группах исходных факторов. К первой группе относятся контакт с пестицидами в быту и заболевания эндокринной системы, ко второй – пассивное курение, частые психоэмоциональные перегрузки и стрессы дома и на работе, а также наследственная предрасположенность – злокачественные новообразования органов дыхания у кровных родственников. В групповом факторе четвертого ранга («индивидуальные особенности питания») определяется общность двух первичных факторов – недостатка в рационе свежих овощей, зелени и фруктов в сочетании с дефицитом витаминов А, С и Е (см. рис. 2).

Выводы. Таким образом, использование факторного анализа в целях изучения произвольно организованной системы «популяционные и индивидуальные факторы онкологического риска – злокачественные новообразования трахеи, бронхов и легкого» позволяет определить и количественно охарактеризовать ее структурную организацию. Это дает возможность оценить практическую значимость результатов для решения проблем оптимизации организационно-управленческих решений и обоснования приоритетности разрабатываемых мероприятий профилактиче-

ского и оздоровительного характера. Кластерный анализ корреляций дополняет результаты факторного анализа в обнаружении группировок тесно связанных переменных (первичных потенциальных факторов риска) и обеспечивает их наглядное представление в виде информативных дендрограмм. Применение указанных многомерных статистических методов в ходе настоящего исследования позволило упростить факторную структуру – выделить, интерпретировать, количественно оценить информативность (по доле вклада в общую дисперсию). Удалось ранжировать по уровню значимости и изучить иерархическую структуру четырех групповых (латентных) потенциальных факторов риска возникновения ЗН трахеи, бронхов и легкого. По результатам факторного и кластерного анализов корреляций вариантом дальнейшей оптимизации процедуры мониторинга является существенное сокращение объема регистрируемой первичной информации при переходе от этапа научных исследований к текущей практической деятельности. С этой целью для каждого идентифицированного группового (латентного) фактора риска из числа тесно коррелирующих между собой первично регистрируемых факторов риска выделяется маркерный – с наибольшей факторной нагрузкой, который и подлежит в дальнейшем регистрации при ведении социально-гигиенического мониторинга.

Список литературы

1. Бреништер С.И. Генетические факторы предрасположенности к раку легкого [Электронный ресурс] // Medline.ru. – 2013. – Т. 14, № 2. – С. 362–389. – URL: www.medline.ru/public/pdf/14_032.pdf (дата обращения: 18.09.2016).
2. Волкотруб Л.П. Табакокурение как фактор канцерогенного риска // Здоровоохранение Российской Федерации. – 2010. – № 2. – С. 10–15.
3. Егорова И.П., Марченко Б.И. Оценка эпидемиологического риска здоровью на популяционном уровне при медико-гигиеническом ранжировании территорий: пособие для врачей / утверждено секцией по гигиене ученого совета Минздрава РФ 24.12.1999 г., протокол № 9. – М., 1999. – 48 с.
4. Исследование анамнеза курения у больных со злокачественными новообразованиями / Э.А. Михайлов, В.Ф. Левшин, А.Н. Горячева, Л.П. Цыбулина // Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН. – 2009. – Т. 20, № 1. – С. 36–42.
5. Кононенко Д.В. Оценка радиационного риска для населения Санкт-Петербурга при облучении радоном // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 1. – С. 31–37.
6. Методы и технологии анализа риска здоровью в системе государственного управления при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения / Н.В. Зайцева, А.Ю. Попова, И.В. Май, П.З. Шур // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 2. – С. 93–98.
7. Наследов А.Д. SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с.
8. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 3. – С. 5–9.

9. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиций сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 251, № 2. – С. 4–7.
10. Применение многомерных статистических методов при выполнении задач совершенствования информационно-аналитического обеспечения системы социально-гигиенического мониторинга / Г.Т. Айдинов, Б.И. Марченко, Л.В. Софьяникова, Ю.А. Синельникова // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – № 7 (268). – С. 4–8.
11. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада: заявление по радону / под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина // Перевод публикации 115 МКРЗ. – М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2013. – 92 с.
12. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer / D. Krewski, J.H. Lubin, J.M. Zielinski [et al.] // J. Toxicol. Environ. Health Part A. – 2006. – Vol. 69, № 7. – P. 533–597.
13. Alberg A.J., Brock M.V., Samet J.M. Epidemiology of lung cancer: looking to the future // J. Clin. Oncol. – 2005. – Vol. 23. – P. 3175–3185.
14. Alberg A.J., Ford J.G., Samet J.M. Epidemiology of lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition) // Chest. – 2007. – № 132. – Suppl. 3. – P. 29–55.
15. Brennan P., Fortes C., Butler J. A multicenter case-control study of diet and lung cancer among non-smokers // Cancer Causes Control. – 2000. – № 11. – P. 49–58.
16. Cigarette smoking and subsequent risk of lung cancer in men and women / N.D. Freedman, M.F. Leitzmann, A.R. Hollenbeck, A. Schatzkin, C. Abnet // Lancet Oncol. – 2008. – Vol. 9, № 7. – P. 649–656.
17. Ezzati M., Lopez A.D. Regional, disease specific patterns of smoking-attributable mortality in 2000 // Tobacco Control. – 2004. – Vol. 13, № 4. – P. 388–395.
18. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies // Epidemiology. – 2015. – № 16. – P. 137–145.
19. Parkin D.M., Boyd L., Walker L.C. The fraction of cancer attributable to lifestyle and environmental factors in the UK in 2010 // British Journal of Cancer. – 2011. – № 105. – P. 77–81.
20. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies / S. Darby, D. Hill, A. Auvinen [et al.] // Br. Med. J. – 2015. – Vol. 330. – P. 223–227.

Айдинов Г.Т., Марченко Б.И., Синельникова Ю.А. Многомерный анализ структуры и долевого вклада потенциальных факторов риска при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и легкого // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 47–55. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.06

UDC 614.7

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.06.eng

MULTIVARIATE ANALYSIS OF STRUCTURE AND CONTRIBUTION PER SHARES MADE BY POTENTIAL RISK FACTORS AT MALIGNANT NEOPLASMS IN TRACHEA, BRONCHIAL TUBES AND LUNG

G.T. Aydinov^{1,2}, B.I. Marchenko^{1,3}, Yu.A. Sinelnikova¹

¹Center of Hygiene and Epidemiology in the Rostov region, 67 7-th Line Str., Rostov-on-Don, 344019, Russian Federation

²Rostov State Medical University, 29 Nakhichevanskiy pereulok, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation

³Southern Federal University, 105/42 Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation

The article gives the results of multivariate analysis of structure and contribution per shares made by potential risk factors at malignant neoplasms in trachea, bronchial tubes and lung. The authors used specialized databases comprising personified records on oncologic diseases in Taganrog, Rostov region, over 1986-2015 (30,684 registered cases of malignant neoplasms, including 3,480 cases of trachea cancer, bronchial tubes cancer, and lung cancer). When carrying out analytical research we applied both multivariate statistical techniques (factor analysis and hierarchical cluster correlation analysis) and conventional techniques of epidemiologic analysis including etiologic fraction calculation (EF), as well as an original technique of assessing actual (epidemiologic) risk. Average long-term morbidity with trachea, bronchial tubes and lung cancer over 2011-2015 amounts to 46.64 ‰. Over the last 15 years a stable decreasing trend has formed, annual average growth being –

1.22 %. This localization holds the 3rd rank place in oncologic morbidity structure, its specific weight being 10.02 %. We determined etiological fraction (EF) for smoking as a priority risk factor causing trachea, bronchial tubes and lung cancer; this fraction amounts to 76.19 % for people aged 40 and older, and to 81.99 % for those aged 60 and older. Application of multivariate statistical techniques (factor analysis and cluster correlation analysis) in this research enabled us to make factor structure more simple; namely, to highlight, interpret, give a quantitative estimate of self-descriptiveness and rank four group (latent) potential risk factors causing lung cancer.

Key words: social and hygienic monitoring, risk assessment, risk factors, malignant neoplasms, carcinogenic risk, factor analysis, hierarchical cluster correlation analysis

References

1. Brenishter S.I. Geneticheskie faktory predispozitsionnosti k raku legkogo [Genetic factors to lung cancer predisposition]. *Medline.ru*, 2013, vol. 14, no. 2, pp. 362–389. Available at: www.medline.ru/public/pdf/14_032.pdf (18.09.2016) (in Russian).
2. Volkotrub L.P. Tabakokurenie kak faktor kantserogennogo riska [Tobacco smoking as a cancerogenic risk factor] *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2010, no. 2, pp. 10–15 (in Russian).
3. Egorova I.P., Marchenko B.I. Otsenka epidemiologicheskogo riska zdorov'yu na populyatsionnom urovne pri mediko-gigienicheskom ranzhirovanii territorii: posobie dlya vrachei [Evaluation of epidemiological risk to health on the population level at the medical and hygienic ranging of the areas: guide for physicians]. Utverzhdeno sekciej po gigiene uchenogo soveta Minzdrava RF 24.12.1999, protokol № 9. Moscow, 1999, 48 p. (in Russian).
4. Mikhailov E.A., Levshin V.F., Goryacheva A.N., Tsybulina L.P. Issledovanie anamneza kureniya u bol'nykh so zlokachestvennymi novoobrazovaniyami [Study of smoking history in cancer patients]. *Vestnik RONTs im. N.N. Blokhina RAMN*, 2009, vol. 20, no. 1, pp. 36–42 (in Russian).
5. Kononenko D.V. Otsenka radiatsionnogo riska dlya naseleniya Sankt-Peterburga pri obluchenii radonom [Risk assessment for the population of Saint-Petersburg from residential exposure to radon]. *Radiatsionnaya gigiena*, 2013, vol. 6, no. 1, pp. 31–37 (in Russian).
6. Zaitseva N.V., Popova A.Yu., May I.V., Shur P.Z. Metody i tekhnologii analiza riska zdorov'yu v sisteme gosudarstvennogo upravleniya pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya [Methods and technologies of health risk analysis in the system of state management under assurance of the sanitation and epidemiological welfare of population]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 2, pp. 93–98 (in Russian).
7. Nasledov A.D. SPSS: Komp'yuternyi analiz dannykh v psikhologii i sotsial'nykh naukakh [SPSS: Data computer analysis in psychology and social sciences]. St. Petersburg, Piter Publ., 2005, 416 p. (in Russian).
8. Onishchenko G.G. Aktual'nye zadachi higienicheskoi nauki i praktiki v sokhranении zdorov'ya naseleniya [Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of Public health]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 5–9 (in Russian).
9. Popova A.Yu. Strategicheskie priority Rossiiskoi Federatsii v oblasti ekologii s pozitsii sokhraneniya zdorov'ya natsii [Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2014, vol. 251, no. 2, pp. 4–7 (in Russian).
10. Aidinov G.T., Marchenko B.I., Sofyanikova L.V., Sinel'nikova Yu.A. Primenenie mnogomernykh statisticheskikh metodov pri vypolnenii zadach sovershenstvovaniya informatsionno-analiticheskogo obespecheniya sistemy sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa [The application of multidimensional statistical methods in the tasks of improving of information and analytical providing of the system socio-hygienic monitoring]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2015, vol. 268, no. 7, pp. 4–8 (in Russian).

© Aydinov G.T., Marchenko B.I., Sinelnikova Yu.A., 2017

Gennadiy T. Ajdinov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding member of the International Academy of Science, ecology, safety of human and nature, Chief Doctor, Head of the Hygiene Department (e-mail: master@donses.ru; tel.: +7 (863) 251-04-92).

Boris I. Marchenko – Doctor of Medical Sciences, professor, research consultant (e-mail: hie_sfu@mail.ru; tel.: +7 (863) 464-29-62).

Juliya A. Sinel'nikova – Head of the Social and Epidemiological Monitoring Department (e-mail: sgm@donses.ru; tel.: +7 (863) 251-04-74).

11. Risk vzniknoveniya raka legkogo pri obluchenii radonom i produktami ego raspada: zayavlenie po radonu [Risk of lung cancer evolvement under exposure to rays of radon and products of its decay: statement on radon]. In: M.V. Zhukovskogo, S.M. Kiseleva, A.T. Gubina eds. Moscow, FGBU GNTs FMBTs im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2013, 92 p. (in Russian).
12. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. [et al.]. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *Journal Toxicology and Environ Health, Part A*, 2006, vol.69, no.7, pp. 533–597.
13. Alberg A.J., Brock M.V., Samet J.M. Epidemiology of lung cancer: looking to the future. *Journal Clin. Oncol*, 2005, vol. 23, pp. 3175–3185.
14. Alberg A.J., Ford J.G., Samet J.M. Epidemiology of lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest*, 2007, no. 132, suppl. 3, pp. 29–55.
15. Brennan P., Fortes C., Butler J. A multicenter case-control study of diet and lung cancer among non-smokers. *Cancer Causes Control*, 2000, no. 11, pp. 49–58.
16. Freedman N.D., Leitzmann M.F., Hollenbeck A.R., Schatzkin A., Abnet C. Cigarette smoking and subsequent risk of lung cancer in men and women. *Lancet Oncol*, 2008, vol. 9, no. 7, pp. 649–656.
17. Ezzati M., Lopez A.D. Regional, disease specific patterns of smoking-attributable mortality in 2000. *Tobacco Control*, 2004, vol. 13, no. 4, pp. 388–395.
18. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology*, 2015, no. 16, pp. 137–145.
19. Parkin D.M., Boyd L., Walker L.C. The fraction of cancer attributable to lifestyle and environmental factors in the UK in 2010. *British Journal of Cancer*, 2011, no. 105, pp.77–81.
20. Darby S., Hill D., Auvinen A. et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *Br. Med. J.*, 2015, vol. 330, pp. 223–227.

Aydinov G.T., Marchenko B.I., Sinelnikova Yu.A. Multivariate analysis of structure and contribution per shares made by potential risk factors at malignant neoplasms in trachea, bronchial tubes and lung. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 47–55. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.06.eng

Получена: 08.12.2016

Получена: 06.02.2017

Опубликована: 30.03.2017

УДК 616-053.36- 092.11-036: 618.177-089.888.11
DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.07

ФАКТОРЫ РИСКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ, РОДИВШИХСЯ ОТ ОДНОПЛОДНОЙ БЕРЕМЕННОСТИ ПОСЛЕ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ

**Л.А. Пыхтина, О.М. Филькина, Н.Д. Гаджимурадова,
А.И. Малышкина, С.Б. Назаров**

Ивановский научно-исследовательский институт материнства и детства им. В.Н. Городкова,
Россия, 153045, г. Иваново, ул. Победы, 20

В последние годы в литературе все чаще дискутируется тема о состоянии здоровья и факторов, его определяющих, у детей, родившихся в результате применения экстракорпорального оплодотворения (ЭКО). Остается открытым вопрос: связано ли нарушение здоровья сотягощенным преморбидным фоном матери по экстрагенитальной и акушерско-гинекологической патологии или является следствием использования ЭКО? Учитывая наметившуюся в последнее время тенденцию к увеличению распространенности селективного переноса только одного эмбриона, во многих странах, в том числе и в нашей, встает вопрос о выявлении факторов риска нарушений здоровья детей от одноплодной беременности после ЭКО. Разрабатывается прогностический алгоритм наиболее частых патологических состояний, что позволит целенаправленно и дифференцированно подходить к их профилактике. Выполнено клиническое обследование детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после ЭКО (n=121), проведено анкетирование и интервьюирование их родителей, проанализированы данные истории развития ребенка за год. С помощью последовательного математического анализа Вальда выявлены факторы риска и разработаны прогностические таблицы наиболее частых нарушений соматического здоровья – врожденных аномалий развития, железодефицитных анемий, atopического дерматита, отсутствия компенсации перинатальных поражений центральной нервной системы. Установлено, что на формирование нарушений здоровья у таких детей на первом году жизни оказывают влияние факторы, связанные со здоровьем матери (экстрагенитальная заболеваемость, акушерско-гинекологический анамнез, течение беременности) и новорожденного ребенка, при этом показано, что социальные факторы и факторы, обусловленные проведением процедуры ЭКО, статистически не значимы.

Ключевые слова: факторы риска, прогнозирование нарушений здоровья, дети от одноплодной беременности, экстракорпоральное оплодотворение, врожденные аномалии развития, железодефицитная анемия, atopический дерматит, перинатальные поражения центральной нервной системы.

В последние годы в литературе все чаще дискутируется тема о состоянии здоровья и факторах, его определяющих, у детей, появившихся на свет в результате применения экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) [1, 2, 4, 6, 7, 8, 17, 24, 28, 29]. По данным различных авторов, эффективность программы ЭКО составляет от 20 до 40 %, число родившихся детей из этой группы не превышает 6–25 % от числа перенесенных эмбрионов и 56–78 % от количества наступивших беременностей [5, 8, 25]. Следует

отметить, что зачатие, развитие и созревание плода в результате применения вспомогательных репродуктивных технологий происходит в условиях, резко отличающихся от физиологической нормы [4, 10, 21]. Чувствительность эмбриона к факторам внешней среды на доимплантационном этапе очень высока и может стать причиной формирования патологии плода в зависимости от стадии его гестации [9, 10, 12, 16].

По данным зарубежной и отечественной литературы последних лет, патологическому

© Пыхтина Л.А., Филькина О.М., Гаджимурадова Н.Д., Малышкина А.И., Назаров С.Б., 2017

Пыхтина Людмила Артемьевна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела охраны здоровья детей (e-mail: ivniidet@mail.ru; тел.: 8 (493) 233-70-55).

Гаджимурадова Надежда Джабраиловна – аспирант отдела охраны здоровья (e-mail: ivniidet@mail.ru; тел.: 8 (493) 233-70-55).

Филькина Ольга Михайловна – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, заведующий отделом охраны здоровья детей (e-mail: ivniidet@mail.ru; тел.: 8 (493) 233-70-55).

Малышкина Анна Ивановна – доктор медицинских наук, доцент, директор (e-mail: ivniimid@inbox.ru; тел.: 8 (493) 233-62-63).

Назаров Сергей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе (e-mail: ivniimid@inbox.ru тел.: 8 (493) 233-62-63).

течению неонатального периода у детей из группы ЭКО со стороны матери способствуют такие факторы, как: отягощенный акушерско-гинекологический анамнез, поздний репродуктивный возраст, стимуляция активности яичников, преждевременные роды, многоплодная беременность, сопутствующая соматическая патология, социальный статус, образование, этиология бесплодия [2, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 18, 22]. Согласно результатам Э.В. Вартанян [2], факторами риска являются: воспалительные заболевания репродуктивной сферы, нарушения менструальной функции, длительность бесплодия, выкидыши и аборт в анамнезе, оперативные вмешательства на органах брюшной полости и малого таза, наличие инфекций, передающихся половым путем.

По мнению А.Н. Плаксиной [20], состояние здоровья ребенка от беременности после ЭКО определяется следующими факторами со стороны матери: замершая беременность (20,3 %), выкидыши на различных сроках (28,6 %), многоплодие (11,1 %) и угроза прерывания беременности (48,3 %). Автор утверждает, что у женщин старше 30 лет при вторичной форме бесплодия повышается риск рождения маловесного ребенка с низким сроком гестации.

Одни авторы утверждают, что главным отягощающим фактором, влияющим на здоровье младенцев из группы ЭКО, является инвазивность метода [2, 14]. Другие заявляют, что высокая заболеваемость и отклонения в развитии таких детей связаны исключительно с осложненным течением беременности и родов [18, 19]. Недостаточно изучено и представлено в современных научных исследованиях влияние различных схем стимуляции суперовуляции в программах ЭКО на состояние здоровья будущего ребенка [8]. В то же время в литературе приводятся данные об увеличении риска врожденных пороков развития половых органов у мальчиков, матери которых подвергались стимуляции суперовуляции и принимали прогестины во время беременности [12].

Известно, что бесплодие, ассоциированное с эндометриозом, трудно поддается лечению, и даже использование ЭКО у пациенток с эндометриозом имеет очень низкую эффективность. Недостаточно изучено влияние данного фактора на качество здоровья будущего ребенка [10].

Некоторые ученые высказывают предположение, что неблагоприятные перинатальные исходы связаны исключительно с многоплодной беременностью после ЭКО [16]. Однако

исследования последних лет свидетельствуют об увеличении риска рождения больного ребенка даже от одноплодной беременности после ЭКО. При этом сведений по данному вопросу недостаточно [6, 9, 13, 24, 27].

Ряд причин, обуславливающих применение репродуктивных технологий, сохраняются и в последующем влияют на течение беременности, родов у матери и формирование здоровья будущего ребенка [4, 7, 9, 15, 17, 21, 25, 31].

В научной литературе практически не затрагиваются вопросы сочетанного воздействия биологических и социальных факторов на формирование соматического здоровья детей, родившихся в результате ЭКО, в зависимости от числа перенесенных эмбрионов [13, 22, 26, 27, 30].

В последнее время во многих странах, в том числе и в нашей, наметилась тенденция к увеличению селективного переноса только одного эмбриона. Актуальной задачей становится изучение факторов риска нарушений здоровья с целью разработки их прогнозирования у детей, родившихся от одноплодной беременности после ЭКО. Это позволит целенаправленно и дифференцированно подходить к профилактике наиболее частых патологических состояний и снизить риск их реализации [23, 30].

Цель исследования – выделить факторы риска и разработать прогностические таблицы наиболее частых нарушений здоровья (врожденные аномалии развития, железодефицитная анемия, атопический дерматит, отсутствие компенсации перинатальных поражений центральной нервной системы (ППЦНС)) у детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после экстракорпорального оплодотворения.

Материалы и методы. Проведено обследование детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после ЭКО ($n = 121$). Оценка состояния их здоровья проводилась в раннем неонатальном возрасте и в год жизни по результатам клинического обследования. Заболеваемость оценивалась по обращаемости в поликлинику и путем динамического наблюдения за детьми первого года жизни, включая функциональные методы обследования (согласно приказу № 1346н от 21.12.2012 г.). Сбор биологического и социального анамнеза осуществлялся путем выкопировки данных из индивидуальных карт пациентов при применении ВРТ (форма № 111-1/у-03), из истории развития новорожденного (форма № 097/у) и из историй развития ребенка (форма № 112/у, форма № 003/у). Отдельные факторы

уточнялись при анкетировании и интервьюировании родителей с помощью специально разработанной «Анкеты по выявлению социально-биологических факторов риска».

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программных продуктов MSExcelXP и Statistica 6.0. Различия относительных показателей изучались по χ^2 -критерию Пирсона с поправкой Йетса. При значениях $p < 0,05$ различия считались достоверными. Путем расчета коэффициента корреляции Спирмена (R) выявлялись взаимосвязи между изучаемыми показателями. Расчет отношений шансов (ОШ) и относительного риска (ОР) различных факторов проводился в программе OpenEpi с определением 95%-ного доверительного интервала (ОР, 95 % ДИ). Для выявления факторов риска наиболее частых нарушений здоровья и разработки прогностической таблицы использовался метод последовательного математического анализа Вальда [3]. После доказательства достоверности различия в частоте встречаемости изучаемого фактора в группах детей с нарушениями здоровья и без них ($p < 0,05$) вычислялись прогностические коэффициенты (ПК) для каждой градации фактора. Прогностический коэффициент рассчитывали по формуле: $ПК = 10 \lg (P_1/P_2)$ при наличии фактора, $ПК = 10 \lg (1 - P_1/1 - P_2)$ при отсутствии фактора, где P_1 и P_2 – частота встречаемости фактора в сравниваемых группах. Положительный знак полученной величины свидетельствовал о неблагоприятном влиянии фактора.

Результаты и их обсуждение. Установили, что уровень общей заболеваемости у детей основной группы на первом году жизни был в 1,3 раза выше, чем в группе контроля (214,9 и 171,1 на 100 человек соответственно), за счет более высокой частоты последствий перинатальных поражений центральной нервной системы (ПП ЦНС) (66,1 и 39,7 % соответственно; $\chi^2 = 12,97$, $p = 0,000$), врожденных аномалий развития преимущественно за счет малых аномалий развития сердца (МАРС) (33,1 и 17,4 % соответственно; $\chi^2 = 7,91$, $p = 0,005$), железодефицитной анемии (14,0 и 5,8 % соответственно; $\chi^2 = 4,13$, $p = 0,042$), атопического дерматита (8,3 и 2,5 % соответственно; $\chi^2 = 3,16$, $p = 0,046$), тимомегалии (7,4 и 1,7 % соответственно; $\chi^2 = 4,67$, $p = 0,031$).

На основании анализа данных биологического (экстрагенитальная заболеваемость, акушерско-гинекологический анамнез, репродуктивная функция матерей, состояние здоровья ребенка) и социального (образование, социаль-

ный статус, профессиональные вредности родителей; материальный достаток семьи, взаимоотношения в семье) анамнеза детей от одноплодной беременности после ЭКО, а также факторов, связанных с проведением процедуры ЭКО (длительность протокола ЭКО, количество попыток ЭКО, методы ЭКО, качество эмбриона), были выделены значимые факторы для развития наиболее частых нарушений здоровья у ребенка.

Установили, что факторами риска для формирования:

– *врожденных аномалий развития* являются: хронические воспалительные заболевания мочевыделительной системы у матери (ОР 4,4; 95 % ДИ 2,29–8,37), замершая беременность в анамнезе (ОР 4,4; 95 % ДИ 2,29–8,37), самопроизвольные выкидыши в анамнезе (ОР 4,0; 95 % ДИ 2,03–7,88), мужской фактор бесплодия (ОР 3,3; 95 % ДИ 1,23–8,79), фетоплацентарная недостаточность (ФПН) (ОР 3,3; 95 % ДИ 1,60–6,96), угроза прерывания беременности (ОР 3,2; 95 % ДИ 1,59–6,62), кольпит во время беременности (ОР 3,2; 95 % ДИ 1,59–6,26);

– *железодефицитной анемии*: рождение в сроке гестации менее 37 недель (ОР 5,1; 95 % ДИ 2,04–12,60); рождение от третьей беременности и более (ОР 4,7; 95 % ДИ 2,05–10,62); анемия беременных (ОР 4,3; 95 % ДИ 1,88–9,93); ФПН (ОР 4,0; 95 % ДИ 1,70–9,41); внутрижелудочковые кровоизлияния (ВЖК) (ОР 3,2; 95 % ДИ 1,33–7,78);

– *атопического дерматита*: отягощенный аллергический анамнез (ОР 8,6; 95 % ДИ 2,95–25,20), преэклампсия (ОР 8,5; 95 % ДИ 1,70–9,41), рождение в сроке гестации менее 37 недель (ОР 7,0; 95 % ДИ 1,97–25,44), искусственное вскармливание с рождения (ОР 3,9; 95 % ДИ 1,19–12,93);

– *отсутствие компенсации ПП ЦНС к году жизни*: рождение в сроке гестации менее 37 недель (ОР 3,3; 95 % ДИ 1,90–5,84), задержка роста плода (ОР 3,1; 95 % ДИ 1,94–5,17), гестационная артериальная гипертензия (ОР 3,1; 95 % ДИ 1,95–5,16), хроническое воспаление придатков в анамнезе (ОР 2,8; 95 % ДИ 1,46–5,34), нейрциркуляторная дистония (НЦД) у матери (ОР 1,9; 95 % ДИ 1,40–2,70), задержка роста плода (ОР 1,9; 95 % ДИ 1,34–2,66), ВЖК 2-й степени в период новорожденности (ОР 2,7; 95 % ДИ 1,57–4,60), железодефицитная анемия у ребенка (ОР 1,9; 95 % ДИ 1,09–3,53).

Выявили, что на формирование наиболее частых нарушений здоровья у детей от одноплодной беременности после ЭКО оказывают

влияние биологические факторы, связанные со здоровьем матери и новорожденного ребенка. Социальные факторы статистически значимого влияния не имели.

Проведен анализ факторов, влияющих на формирование наиболее частых нарушений здоровья у обследованных детей, связанных с проведением процедуры ЭКО (табл. 1).

Установлено, что на формирование наиболее частых нарушений здоровья у детей от од-

ноплодной беременности после ЭКО факторы, обусловленные проведением самой процедуры, статистически значимого влияния не оказывают.

На основании выделенных биологических факторов риска у детей от одноплодной беременности после ЭКО были разработаны формализованные таблицы для прогнозирования: развития врожденных аномалий, железодефицитной анемии, атопического дерматита, отсутствия компенсации ПП ЦНС к году жизни (табл. 2).

Таблица 1

Факторы, связанные с процедурой ЭКО, наиболее частых нарушений здоровья у детей, родившихся от одноплодной беременности, абс. (%)

Параметр	Фактор							
	врожденные аномалии развития		железодефицитная анемия		атопический дерматит		отсутствие компенсации ПП ЦНС к году	
	есть <i>n</i> = 21	нет <i>n</i> = 84	есть <i>n</i> = 16	нет <i>n</i> = 89	есть <i>n</i> = 10	нет <i>n</i> = 95	есть <i>n</i> = 12	нет <i>n</i> = 93
Протокол ЭКО:								
короткий	2 (9,5)	13 (15,5)	4 (25,0)	11 (12,4)	1 (10,0)	14 (14,7)	1 (8,3)	14 (15,1)
длинный	19 (90,5)	71 (84,5)	12 (75,0)	78 (87,6)	9 (90,0)	81 (85,3)	11 (91,7)	79 (84,9)
Количество попыток ЭКО:								
первая	14 (66,7)	61 (72,6)	11 (68,8)	64 (71,9)	7 (70,0)	68 (71,6)	6 (50,0)	61 (65,6)
более 2	7 (33,3)	23 (27,4)	5 (31,3)	33 (37,1)	3 (30,0)	35 (36,8)	6 (50,0)	32 (34,4)
Методы ЭКО:								
ЭКО	8 (38,1)	31 (36,9)	8 (50,0)	31 (34,8)	2 (20,0)	37 (38,9)	3 (25,0)	36 (38,7)
ЭКО + ИКСИ	13 (61,9)	53 (63,1)	8 (50,0)	58 (65,2)	8 (80,0)	58 (61,1)	9 (75,0)	57 (61,3)
Качество эмбрионов:								
отличное, тип А	15 (71,4)	63 (75,0)	10 (62,5)	68 (76,4)	5 (50,0)	73 (76,8)	6 (50,0)	72 (77,4)
хорошее, тип В	6 (28,6)	19 (25,0)	6 (37,5)	19 (23,6)	5 (50,0)	20 (23,2)	6 (50,0)	21 (22,6)

Таблица 2

Прогностическая таблица нарушений здоровья у детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после ЭКО

Факторы риска	Прогностические коэффициенты (ПК)			
	врожденные аномалии	железодефицитная анемия	атопический дерматит	отсутствие компенсации ПП ЦНС к году
1	2	3	4	5
<i>Экстрагенитальная патология матери</i>				
Хронические воспалительные заболевания мочевыделительной системы:				
да	+7,00	—	—	—
нет	—0,75	—	—	—
Отягощенный аллергический анамнез:				
да	—	—	+4,93	—
нет	—	—	—2,61	—
НЦД (соматоформная дисфункция ВНС):				
да	—	—	—	+7,24
нет	—	—	—	—0,78

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
<i>Акушерско-гинекологический анамнез</i>				
Хроническое воспаление придатков в анамнезе:				
да	–	–	–	+2,83
нет	–	–	–	–2,13
Эндометрит в анамнезе:				
да	+2,98	–	–	–
нет	–0,99	–	–	–
Самопроизвольные выкидыши в анамнезе:				
да	+5,09	–	–	–
нет	–1,23	–	–	–
Замершая беременность в анамнезе:				
да	+7,00	–	–	–
нет	–0,75	–	–	–
Мужской фактор бесплодия:				
да	+3,01	–	–	–
нет	–1,63	–	–	–
<i>Течение настоящей беременности</i>				
Фетоплацентарная недостаточность:				
да	+4,89	+3,74	–	–
нет	–0,68	–1,63	–	–
Задержка роста плода:				
да	–	–	–	+5,08
нет	–	–	–	–0,54
Преэклампсия:				
да	–	–	+5,12	–
нет	–	–	–1,70	–
Угроза прерывания:				
да	+4,21	–	–	–
нет	–0,97	–	–	–
Гестационная артериальная гипертензия:				
да	–	–	–	+6,09
нет	–	–	–	–0,39
Анемия беременных:				
да	–	+5,22	–	–
нет	–	–0,96	–	–
Кольпит во время беременности:				
да	+3,36	–	–	–
нет	–1,01	–	–	–
<i>Состояние здоровья ребенка</i>				
Рождение в сроке гестации менее 34 нед.:				
да	+4,22	–	–	–
нет	–2,44	–	–	–
Рождение в сроке гестации менее 37 нед.:				
да	–	+3,79	+3,93	+2,66
нет	–	–2,38	–3,52	–0,86
Рождение от 3-й беременности и более:				
да	–	+5,82	–	–
нет	–	–2,39	–	–
Искусственное вскармливание с рождения:				
да	–	–	+4,55	–
нет	–	–	–5,68	–
Нетравматические внутрижелудочковые кровоизлияния 2-й степени в анамнезе:				
да	–	+7,60	–	+6,09
нет	–	–1,99	–	–0,39
Железодефицитная анемия:				
да	–	–	–	+6,88
нет	–	–	–	–0,53

По величине суммы прогностических коэффициентов (ПК) определяется индивидуальный прогноз. Величина прогностического порога (ПП), которая позволяет оценить степень достоверности формирования нарушения здоровья у детей первого года жизни от одноплодной беременности после ЭКО (врожденных аномалий развития, железодефицитной анемии, атопического дерматита, компенсации перинатальных поражений ЦНС), определялась по формуле Вальда [17]. Считая допустимой вероятность ошибки прогноза не более 5 %, определили, что ПП возможности возникновения данных нарушений здоровья равняется +13, а отсутствия –13.

Если сумма ПК равна или более +13 баллов – прогноз неблагоприятный, прогнозируют формирование: врожденных аномалий развития (по сумме ПК во 2-м столбце); на первом году жизни – железодефицитной анемии (по сумме ПК в 3-м столбце), атопического дерматита (по сумме ПК в 4-м столбце); отсутствие компенсации перинатальных поражений ЦНС к году (по сумме ПК в 5-м столбце).

Если сумма ПК равна и менее –13 баллов – прогноз благоприятный, прогнозируют отсутствие формирования данного нарушения здоровья.

Если сумма ПК в интервале от +12 до –12 баллов, то прогноз неопределенный, недостаточно данных для принятия решения о прогнозе (группа внимания).

Детей с неблагоприятным прогнозом педиатру рекомендовано включать в группу риска по формированию данных нарушений здоровья и назначать профилактические мероприятия, снижающие вероятность его реализации.

Выводы. Таким образом, в ходе исследования выявлены биологические факторы риска наиболее частых нарушений соматического здоровья детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности в результате ЭКО: врожденные аномалии развития, железодефицитная анемия, атопический дерматит, последствия перинатальных поражений ЦНС. Установлено, что на формирование соматического здоровья у детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после ЭКО, большую значимость оказывают факторы, связанные со здоровьем матери (экстрагенитальная заболеваемость, акушерско-гинекологический анамнез, течение беременности) и новорожденного ребенка. При этом социальные факторы и факторы, обусловленные проведением процедуры ЭКО, статистически значимого влияния не имеют. Для неонатологов, участковых педиатров, семейных врачей разработаны удобные для практического использования прогностические таблицы формирования нарушений здоровья ребенка от одноплодной беременности после ЭКО сразу после его рождения.

Список литературы

1. Баранов А.А. Справка о состоянии здоровья детей, родившихся в результате использования вспомогательных репродуктивных технологий, в том числе ЭКО [Электронный ресурс] // Союз педиатров России. – URL: <http://www.pediatr-russia.ru/node/124> (дата обращения: 02.10.2016).
2. Вартамян Э.В. Возможности преодоления повторных неудач в процедурах вспомогательных репродуктивных технологий // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2013. – Т. 45, № 3. – С. 56–62.
3. Гублер Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. – Л.: Медицина, 1978. – 94 с.
4. Жирнов В.А., Дмитриева М.В., Рустянова Д.Р. Анализ соматического статуса новорожденных детей, зачатых посредством экстракорпорального оплодотворения // Молодой ученый: вызовы и перспективы: материалы VI Международной научно-практической конференции / под ред. Н.Р. Красовской. – М., 2016. – С. 67–71.
5. Здановский В.М., Витязева И.И. Течение и исход беременностей после лечения бесплодия методами вспомогательной репродукции (МВР) // Проблемы репродукции. – 2000. – № 3. – С. 55–56.
6. Здоровье детей, рожденных после применения экстракорпорального оплодотворения, и их матерей / Н.Д. Гаджимурадова, Л.А. Пыхтина, О.М. Филькина, А.И. Малышкина // Врач-аспирант. – 2015. – Т. 71, № 4. – С. 51–56.
7. Исходы беременности и состояние здоровья детей, рождённых после применения вспомогательных репродуктивных технологий / Л.С. Эверт, В.Г. Галонский, Е.А. Теппер, А.И. Волынкина, Н.В. Тарасова // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). – 2013. – Т. 28, № 1. – С. 65–69.
8. Калинина Е.А., Алиева К.У., Стрельченко М.Б. Научно-клинический анализ работы отделения вспомогательных технологий в лечении бесплодия в 2011 году // Акушерство и гинекология. – 2013. – № 1. – С. 81–84.
9. Киншт Д.А., Соболева М.К., Айзикович И.В. Здоровье новорожденных от одноплодной индуцированной беременности: собственный опыт наблюдения МЦ «Авиценна» // Репродуктивная медицина. – 2014. – Т. 20, № 3–4. – С. 18–23.

10. Корсак В.С., Васильева О.В., Исакова Э.В. Эндометриоз и ВРТ (обзор литературы) // Проблемы репродукции. – 2006. – № 3. – С. 41–46.
11. Корсак В.С., Смирнова А.А., Шурыгина О.В. Регистр центров ВРТ в России. Отчет за 2011 год // Проблемы репродукции. – 2013. – № 5. – С. 7–16.
12. Краснопольская К.В., Кабанова Д.И., Калугина А.С. Эффективность экстракорпорального оплодотворения у пациенток с синдромом поликистозных яичников и яичниковой гиперандрогенией // Акушерство и гинекология. – 2003. – № 1. – С. 57–61.
13. Краснощока О.Е., Смольникова В.Ю., Калинина Е.А. Клинические и эмбриологические аспекты селективного переноса одного эмбриона // Проблемы репродукции. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 51–57.
14. Крстич Е.В., Краснопольская К.В., Кабанова Д.И. Новые подходы к повышению эффективности ЭКО у женщин старшего репродуктивного возраста // Акушерство и гинекология. – 2010. – № 2. – С. 48–53.
15. Лысенко А.В., Маркелова М.И., Судакова Н.М. Анализ факторов риска беременности и раннего неонатального периода новорожденных после вспомогательных репродуктивных технологий [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации. – 2013. – № 1. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/01/19773> (дата обращения: 10.10.2016).
16. Маслянюк Н.А. Состояние новорожденных детей и их дальнейшее развитие при многоплодной беременности после экстракорпорального оплодотворения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2005. – 24 с.
17. Михеева Е.М., Пенкина Н.И. Здоровье детей, рожденных с использованием вспомогательных репродуктивных технологий // Практическая медицина. – 2014. – Т. 85, № 9. – С. 47–51.
18. Особенности беременности и родов у пациенток после экстракорпорального оплодотворения / Ю.В. Вяликова, А.Я. Алиева, Ю.В. Найко, Т.К. Шинтаев // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2015. – Т. 5, № 5. – С. 442.
19. Оценка эффективности программы ЭКО: день переноса эмбрионов в полость матки и показатели контролируемой индукции овуляции / Н.С. Щетинина, Л.Н. Кузьмичев, В.А. Бурлев, А.С. Онищенко, Н.А. Ильясова // Проблемы репродукции. – 2011. – № 3. – С. 56–61.
20. Плаксина А.Н. Прогнозирование здоровья и качества жизни детей, рожденных с помощью вспомогательных репродуктивных технологий: дис. ... канд. мед. наук. – Екатеринбург, 2011. – 174 с.
21. Саидова Р.А., Гусейнова З.С. Значение предгравидарной подготовки в профилактике синдрома потери плода у больных с гиперандрогенией // Проблемы женского здоровья. – 2011. – Т. 6, № 1. – С. 25–30.
22. Факторы риска неудач и эмбрионических потерь при экстракорпоральном оплодотворении / Е.Б. Рудакова, О.А. Лобода, Е.В. Полторака, О.М. Бурова, М.А. Пилипенко // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). – 2008. – Т. 23, № 4–1. – С. 14–17.
23. Факторы риска отклонений физического развития у детей раннего возраста с перинатальными поражениями центральной нервной системы / О.М. Филькина, Л.А. Пыхтина, Е.А. Воробьева, О.Ю. Кочерова, Н.В. Долотова, Т.Г. Шанина // Лечение и профилактика. – 2015. – Т. 13, № 1. – С. 16–21.
24. Cancer risk in children and young adults conceived by in vitro fertilization / B. Källén, O. Finnström, A. Lindam, E. Nilsson, Karl-Gösta Nygren, P.O. Olausson // Pediatrics. – 2010. – Vol. 126. – P. 270–276.
25. Elective single embryo transfer [Электронный ресурс] // Fertil Steril. – 2012. – Vol. 97, № 4. – P. 835–842. – URL: https://www.asrm.org/Elective_Single_Embryo_Transfer (дата обращения: 15.10.2016).
26. Gelbaya T.A., Tsoumpou I., Nardo L.G. The likelihood of live birth and multiple birth after single versus double embryo transfer at the cleavage stage: a systematic review and meta-analysis // Fertility and Sterility. – 2010. – Vol. 94, № 3. – P. 936–945.
27. Obstetric and perinatal outcomes in singleton pregnancies resulting from IVF/ ICSI: a systematic review and metaanalysis / S. Pandey, A. Shetty, M. Hamilton, S. Bhattacharya, A. Maheshwari // Hum. Reprod. Update. – 2012. – Vol. 18, № 5. – P. 485–503. DOI: 10.1093/humupd/dms018.
28. Parental infertility and cerebralpalsy in children / J.L. Zhu, D. Hvidtjørn, O. Basso, C. Obel, P. Thorsen, P. Uldall, J. Olsen // Human Reproduction. – 2010. – Vol. 25, № 12. – P. 3142–3145. DOI: 10.1093/humrep/deq206
29. Rare congenital disorders, imprinted genes, and assisted reproductive technology / R. Gosden, J. Trasler, D. Lucifero, M. Faddy // Lancet. – 2003. – Vol. 361. – P. 1975–1977.
30. The risk for four specific congenital heart defects associated with assisted reproductive techniques: a population-based evaluation / K. Tararbit, N. Lelong, A.-C. Thieulin, L. Houyel, D. Bonnet, F. Goffinet, B. Khoshnood // Human Reproduction. – 2013. – Vol. 28. – P. 367–374.
31. World Population Prospects: The 2015 Revision: Key Findings and Advans Tables [Электронный ресурс]. – New York: United Nations, 2015. – URL: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf (дата обращения: 18.10.2016).

Факторы риска и прогнозирование нарушений здоровья у детей первого года жизни, родившихся от одноплодной беременности после экстракорпорального оплодотворения / Л.А. Пыхтина, О.М. Филькина, Н.Д. Гаджимурадова, А.И. Малышкина, С.Б. Назаров // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 56–65. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.07

UDC 616-053.36- 092.11-036: 618.177-089.888.11

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.07.eng

RISK FACTORS AND PREDICTING HEALTH DISORDERS IN INFANTS BORN FROM MONOCYESIS AFTER IN VITRO FERTILIZATION

L.A. Pykhtina, O.M. Filkina, N.D. Gadzhimuradova, A.I. Malyshkina, S.B. Nazarov

Ivanovo Research Institute of Maternity and Childhood named after V.N. Gorodkova, 109 Shuvandina Str., Ivanovo, 153045, Russian Federation

Issues of health state and factors determining it in infants born due to in vitro fertilization (IVF) have been frequently discussed over recent years. The question yet to be answered is whether health disorders are related to burdened pre-morbid state of a mother as per extragenital and obstetric-gynecologic pathology or they are caused by IVF. Selective transfer of only one embryo has tended to increase recently, and, given this trend, specialists all around the world, and in our country as well, face a problem of detecting risk factors which cause health disorders in children born in monocyesis after IVF. Prognostic algorithm for most frequent pathologies is being worked out and it will help to implement targeted and differentiated approach to their prevention. We have completed clinical examination of infants during the first year of their life; all these infants were born in monocyesis after IVF (n=121). We have also questioned and interviewed their parents and analyzed data taken from infants' development records over a year as well. We have applied Wald sequential mathematical analysis to determine risk factors and create prognostic tables comprising most frequent somatic health disorders such as congenital abnormalities, iron-deficiency anemia, atopic dermatitis, absence of perinatal CNS damage compensation. We have detected that factors related to a mother's and newborn's health (extragenital morbidity, obstetric-gynecologic case history, pregnancy course) exert their influence on health disorders evolvement in such children during their first year of life; we have also shown that social factors and factors associated with IVF procedure don't have any statistical significance.

Key words: risk factors, health disorders prediction, children from monocyesis, IVF, congenital abnormalities, iron-deficiency anemia, atopic dermatitis, perinatal CNS damages.

References

1. Baranov A.A. Spravka o sostoyanii zdorov'ya detei, rodivshikhsya v rezul'tate ispol'zovaniya vspomogatel'nykh reproduktivnykh tekhnologii, v tom chisle EKO [Information on health state of children born due to assisted reproductive technologies including IVF]. *Soyuz pediatrov Rossii*. Available at: <http://www.pediatr-russia.ru/node/124> (02.10.2016) (in Russian).
2. Vartanyan E.V. Vozmozhnosti preodoleniya povtornykh neudach v protsedurakh vspomogatel'nykh reproduktivnykh tekhnologii [Overcoming the Possibility of Repeated IVF Failure]. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*, 2013, vol. 45, no. 3, pp. 56–62 (in Russian).
3. Gubler E.V. Vychislitel'nye metody analiza i raspoznavaniya patologicheskikh protsessov [Computational techniques of pathologic processes analysis and recognition]. Leningrad, Meditsina Publ., 1978, 94 p. (in Russian).
4. Zhirnov V.A., Dmitrieva M.V., Rustyanova D.R. Analiz somaticheskogo statusa novorozhdennykh detei, zachatykh posredstvom ekstrakorporal'nogo oplodotvoreniya [Analyzing somatic state of newborns, conceived via IVF]. *Molodoi uchenyi: vyzovy i perspektivy: materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Young scientist: challenges and prospects: materials of VI International theoretical and practical conference]. In: N.R. Krasovskaya ed. Moscow, 2016, pp. 67–71 (in Russian).
5. Zdanovskii V.M., Vityazeva I.I. Techenie i iskhod beremennostei posle lecheniya besplodiya metodami vspomogatel'noi reproduksii (MVR) [Pregnancy course and outcome after treating infertility with assisted reproductive technologies]. *Problemy reproduksii*, 2000, no. 3, pp. 55–56 (in Russian).

© Pykhtina L.A., Filkina O.M., Gadzhimuradova N.D., Malyshkina A.I., Nazarov S.B., 2017

Lyudmila A. Pykhtina – Doctor of Medicine, leading researcher at Children Health Protection Department (e-mail: ivniideti@mail.ru; tel.: +7 (493) 233-70-55).

Nadezhda D. Gadzhimuradova – postgraduate at Children Health Protection Department (e-mail: ivniideti@mail.ru; tel.: +7 (493) 233-70-55).

Olga M. Filkina – Doctor of Medicine, professor, Honored Physician of the RF, head of Children Health Protection Department (e-mail: ivniideti@mail.ru; tel.: +7 (493) 233-70-55).

Anna I. Malyshkina – Doctor of Medicine, associate professor, director (e-mail: ivniimid@inbox.ru; tel.: +7 (493) 233-62-63).

Sergey B. Nazarov – Doctor of Medicine, professor, deputy director responsible for research work (e-mail: ivniimid@inbox.ru; tel.: +7 (493) 233-62-63).

6. Gadzhimuradova N.D., Pykhtina L.A., Fil'kina O.M., Malysheva A.I. Zdorov'e detei, rozhdenykh posle primeneniya ekstrakorporal'nogo oplodotvoreniya, i ikh materei [The health of children born after extracorporeal fertilization and their mother's health]. *Vrach-aspirant*, 2015, vol. 71, no. 4, pp. 51–56 (in Russian).
7. Evert L.S., Galonskii V.G., Tepper E.A., Volynkina A.I., Tarasova N.V. Iskhody beremennosti i sostoyanie zdorov'ya detei, rozhdenykh posle primeneniya vspomogatel'nykh reproduktivnykh tekhnologii [Pregnancy outcomes and health of children born following assisted reproductive technologies] *Sibirskii meditsinskii zhurnal (g. Tomsk)*, 2013, vol. 28, no. 1, pp. 65–69 (in Russian).
8. Kalinina E.A., Alieva K.U., Strel'chenko M.B. Nauchno-klinicheskii analiz raboty otdeleniya vspomogatel'nykh tekhnologii v lechenii besplodiya v 2011 godu [Clinico-scientific analysis summarizing the work of the department for assisted reproductive technology for the year 2011]. *Akusherstvo i ginekologiya*, 2013, no. 1, pp. 81–84 (in Russian).
9. Kinsht D.A., Soboleva M.K., Aizikov I.V. Zdorov'e novorozhdenykh ot odnoplodnoi indutsirovannoi beremennosti: sobstvennyi opyt nablyudeniya MTs «Avitsenna» [The health of infants from singleton induced pregnancy: own experience of observing medical center «Avicenna»]. *Reproduktivnaya meditsina*, 2014, vol. 20, no. 3–4, pp. 18–23 (in Russian).
10. Korsak V.S., Vasil'eva O.V., Isakova E.V. Endometrioz i VRT (obzor literatury) [Endometriosis and ART (literature overview)]. *Problemy reproduksii*, 2006, no. 3, pp. 41–46 (in Russian).
11. Korsak V.S., Smirnova A.A., Shurygina O.V. Registr tsentrov VRT v Rossii. Otchet za 2011 god [ART centers register in Russia. 2011 report]. *Problemy reproduksii*, 2013, no. 5, pp. 7–16 (in Russian).
12. Krasnopol'skaya K.V., Kabanova D.I., Kalugina A.S. Effektivnost' ekstrakorporal'nogo oplodotvoreniya u patsientok s sindromom polikistoznykh yaichnikov i yaichnikovoi giperandrogeniei [IVF efficiency in patients suffering from polycystic ovary syndrome and ovarian hyperandrogenism]. *Akusherstvo i ginekologiya*, 2003, no. 1, pp. 57–61 (in Russian).
13. Krasnoshchoka O.E., Smol'nikova V.Yu., Kalinina E.A. Klinicheskie i embriologicheskie aspekty selektivnogo perenosy odnogo embriona [Clinical and embryological aspects of elective single embryo transfer]. *Problemy reproduksii*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 51–57 (in Russian).
14. Krstich E.V., Krasnopol'skaya K.V., Kabanova D.I. Novye podkhody k povysheniyu effektivnosti EKO u zhenshin starshogo reproduktivnogo vozrasta [New approaches to enhancing THE EFFICIENCY OF in vitro fertilization in old reproductive age women]. *Akusherstvo i ginekologiya*, 2010, no. 2, pp. 48–53 (in Russian).
15. Lysenko A.V., Markelova M.I., Sudakova N.M. Analiz faktorov riska beremennosti i rannego neonatal'nogo perioda novorozhdenykh posle vspomogatel'nykh reproduktivnykh tekhnologii [Analyzing risk factors for pregnancy and early neonatal period of newborns after assisted reproductive technologies]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*, 2013, no. 1. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2013/01/19773> (10.10.2016) (in Russian).
16. Maslyanyuk N.A. Sostoyanie novorozhdenykh detei i ikh dal'neishee razvitiye pri mnogoplodnoi beremennosti posle ekstrakorporal'nogo oplodotvoreniya: avtoref. dis. ... kand. med. nauk [Newborns state and their further development at multiple pregnancy after IVF: abstract of a thesis ... candidate of medical sciences]. St. Petersburg, 2005, 24 p. (in Russian).
17. Mikheeva E.M., Penkina N.I. Zdorov'e detei, rozhdenykh s ispol'zovaniem vspomogatel'nykh reproduktivnykh tekhnologii [The health status of children conceived with assisted reproductive technologies]. *Prakticheskaya meditsina*, 2014, vol. 85, no. 9, pp. 47–51 (in Russian).
18. Vyalikova Yu.V., Alieva A.Ya., Naiko Yu.V., Shintaev T.K. Osobennosti beremennosti i rodov u patsientok posle ekstrakorporal'nogo oplodotvoreniya [Peculiarities of pregnancy and labor in patients after IVF]. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsii*, 2015, vol. 5, no. 5, pp. 442 (in Russian).
19. Shchetinina N.S., Kuz'michev L.N., Burlev V.A., Onishchenko A.S., Il'yasova N.A. Otsenka effektivnosti programmy EKO: den' perenosy embrionov v polost' matki i pokazateli kontroliruemoi induksii ovulyatsii [Assessment of IVF/ICSI efficacy: the day of embryo transfer and parameters of controlled ovarian hyperstimulation]. *Problemy reproduksii*, 2011, no. 3, pp. 56–61 (in Russian).
20. Plaksina A.N. Prognozirovaniye zdorov'ya i kachestva zhizni detei, rozhdenykh s pomoshch'yu vspomogatel'nykh reproduktivnykh tekhnologii: dis. ... kand. med. Nauk [Predicting health and life quality for children, born due to assisted reproductive technologies: abstract of a thesis ... candidate of medical sciences]. Ekaterinburg, 2011, 174 p. (in Russian).
21. Saidova R.A., Guseinova Z.S. Znachenie predgravidarnoi podgotovki v profilaktike sindroma poteri ploda u bol'nykh s giperandrogeniei [Pregravid preparation in prophylaxis of syndrome of fetus loss in patients with hyperandrogenism]. *Problemy zhenskogo zdorov'ya*, 2011, vol. 6, no. 1, pp. 25–30 (in Russian).
22. Rudakova E.B., Loboda O.A., Poltoraka E.V., Burova O.M., Pilipenko M.A. Faktory riska neudach i embrionicheskikh poter' pri ekstrakorporal'nom oplodotvorenii [Risk factors of failures and embryonic losses under in vitro fertilization]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (g. Tomsk)*, 2008, vol. 23, no. 4–1, pp. 14–17 (in Russian).

23. Fil'kina O.M., Pykhtina L.A., Vorob'eva E.A., Kocherova O.Yu., Dolotova N.V., Shanina T.G. Faktory riska otklonenii fizicheskogo razvitiya u detei rannego vozrasta s perinatal'nymi porazheniyami tsentral'noi nervnoi sistemy [The risk factors of dapartures in physical development in children of early age with perinatal affection of central nervous system]. *Lechenie i profilaktika*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 16–21 (in Russian).
24. Källén B., Finnström O., Lindam A., Nilsson E., Nygren Karl-Gösta, Olausson P.O. Cancer risk in children and young adults conceived by in vitro fertilization. *Pediatrics*, 2010, vol. 126, pp. 270–276.
25. Elective single embryo transfer. *Fertil Steril*, 2012, vol. 97, no. 4, pp. 835–842. Available at: https://www.asrm.org/Elective_Single_Embryo_Transfer/ (15.10.2016)
26. Gelbaya T.A., Tsoumpou I., Nardo L.G. The likelihood of live birth and multiple birth after single versus double embryo transfer at the cleavage stage: a systematic review and meta-analysis. *Fertility and Sterility*, 2010, vol. 94, no. 3, pp. 936–945.
27. Pandey S., Shetty A., Hamilton M., Bhattacharya S., Maheshwari A. Obstetric and perinatal outcomes in singleton pregnancies resulting from IVF/ ICSI: a systematic review and metaanalysis. *Hum. Reprod. Update*, 2012, vol. 18, no. 5, pp. 485–503. DOI: 10.1093/humupd/dms018.
28. Zhu J.L., Hvidtjørn D., Basso O., Obel C., Thorsen P., Uldall P., Olsen J. Parental infertility and cerebral palsy in children. *Human Reproduction*, 2010, vol. 25, no. 12, pp. 3142–3145. DOI: 10.1093/humrep/deq206
29. Gosden R., Trasler J., Lucifero D., Faddy M. Rare congenital disorders, imprinted genes, and assisted reproductive technology. *Lancet*, 2003, vol. 361, pp. 1975–1977.
30. Tararbit K., Lelong N., Thieulin A.-C., Houyel L., Bonnet D., Goffinet F., Khoshnood B. The risk for four specific congenital heart defects associated with assisted reproductive techniques: a population-based evaluation. *Human Reproduction*, 2013, vol. 28, pp. 367–374.
31. World Population Prospects: The 2015 Revision: Key Findings and Advans Tables. New York, United Nations, 2015. Available at: https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf (18.10.2016).

Pykhtina L.A., Filkina O.M., Gadzhimuradova N.D., Malyshkina A.I., Nazarov S.B. Risk factors and predicting health disorders in infants born from monocytes after in vitro fertilization. Health Risk Analysis, 2017, no. 1, pp. 56–65. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.07.eng

Получена: 22.01.2017

Получена: 28.02.2017

Опубликована: 30.03.2017

УДК 613.95/.97: 613.73: 371/378
DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.08

РИСК-АССОЦИИРОВАННЫЕ НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ ШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ИНТЕНСИВНОСТИ И НАПРЯЖЕННОСТИ УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Н.В. Зайцева^{1,2}, О.Ю. Устинова^{1,2}, К.П. Лужецкий^{1,2}, О.А. Маклакова^{1,2},
М.А. Землянова^{1,2}, О.В. Долгих^{1,2}, С.В. Клейн^{1,2}, Н.В. Никифорова¹

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

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Проведена сравнительная санитарно-гигиеническая оценка режима, напряженности и интенсивности учебно-воспитательного процесса в образовательных учреждениях различного типа: средней общеобразовательной школе и учебном заведении инновационного типа – лицее. Установлено, что для лицеев характерен уплотненный режим, большая продолжительность и интенсивность занятий, а образовательный процесс сопряжен со значительными интеллектуальными, сенсорными и эмоциональными нагрузками учащихся, достигающими уровня «напряженные I степени». Высокая занятость учащихся лицеев в программах дополнительного образования существенно увеличивает продолжительность суммарной учебной нагрузки детей. К концу учебного года 20 % лицеистов находятся в состоянии перенапряжения симпатoadреналовой системы, что не только определяет уровень эмоционального тонуса детей, но и является причиной нарушения функции внимания и скорости принятия решений, снижения скорости чтения и артикуляции, удлинения времени моторных реакций. У 15 % лицеистов имеет место повышенная активность вегетативной нервной системы и низкая адаптированность сердечно-сосудистой системы к психоэмоциональным и физическим нагрузкам. Риск развития хронических заболеваний нервной системы, опорно-двигательного аппарата и эндокринной системы у лицеистов до 2,5 раза превышает аналогичный показатель учащихся типовых школ. Доминирующими нозологическими формами патологии являются расстройства вегетативной нервной системы, нарушения осанки и изменения питания, частота регистрации которых у лицеистов в 1,6–2,9 раза выше, чем у их сверстников, обучающихся в традиционной школе. Установлена прямая корреляционная связь повышенной интеллектуальной и сенсорной составляющих образовательного процесса, а также общего показателя напряженности учебного труда с частотой формирования у учащихся расстройств вегетативной нервной системы и заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Ключевые слова: дети, учебно-воспитательный процесс, начальные классы, режим, интенсивность и напряженность, риск-ассоциированные нарушения здоровья, нозологические формы патологии.

© Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Лужецкий К.П., Маклакова О.А., Землянова М.А., Долгих О.В., Клейн С.В., Никифорова Н.В., 2017

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 233-11-25).

Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по лечебной работе (e-mail: ustynova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-32-64).

Лужецкий Константин Петрович – кандидат медицинских наук, заведующий клиникой экзависимой и производственно обусловленной патологии, доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: nemo@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 2368098).

Маклакова Ольга Анатольевна – кандидат медицинских наук, заведующий консультативно-поликлиническим отделением (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92).

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

Долгих Олег Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом иммунобиологических методов диагностики, профессор кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: oleg@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30).

Клейн Светлана Владиславовна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Никифорова Надежда Викторовна – научный сотрудник (e-mail: kriulina@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 237-18-04).

В настоящее время прослеживается отчетливая негативная динамика показателей здоровья детского населения, наиболее выраженная у детей школьного возраста [3, 8, 9]. Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что к моменту окончания школы доля абсолютно здоровых детей сокращается в 2,0–5,0 раза и составляет не более 3,5 % выпускников, при этом существенно увеличивается количество детей с III и IV группой здоровья (до 43 %) [11, 20]. По данным Института возрастной физиологии РАО, за период обучения в школе у детей в 5,0 раза возрастает частота нарушений зрения и осанки, в 4,0 раза – психоневрологических отклонений, в 3,0 раза – патологии сердечно-сосудистой системы и органов пищеварения [7, 11, 19].

Среди факторов риска снижения уровня здоровья современных школьников значительное место принадлежит интенсификации и информатизации образовательного процесса [1, 2, 4, 10, 13, 15]. Реформирование школьного образования, внедрение новых специализированных авторских программ, как правило, сопряжено с увеличением объема и сложности изучаемых предметов, использованием в образовательном процессе широкого спектра инновационных технологий обучения, интенсификацией учебного процесса, возрастанием суммарной учебной нагрузки, снижением физической активности и ухудшением структуры режима дня учащихся [6, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 21]. Установлено, что использование в образовательном процессе интерактивного оборудования, даже при соблюдении существующих регламентов его эксплуатации, оказывает негативное влияние на психоэмоциональное здоровье учащихся, органы зрения и нервную систему [5, 7, 14, 16]. Дополнительным фактором риска является длительность учебной нагрузки. В настоящее время продолжительность приготовления домашнего задания у 50 % учащихся превышает гигиенический норматив более чем в 2,0 раза [7]. Высокая интенсивность учебного процесса в сочетании с неблагоприятными санитарно-гигиеническими условиями обучения, а нередко и с неполноценным питанием, создают предпосылки для развития у школьников переутомления, гиподинамии, снижения работоспособности, стресс-индуцированных функциональных расстройств органов и систем, дисгармоничности физического развития, формирования хронической патологии [1, 2, 4, 8, 9, 10, 20, 23].

Результаты многофакторного анализа показывают, что в гимназиях и лицеях первое ранговое место по вкладу в здоровье обучающихся занимает организация образовательного процесса (до 25 %). Второе и третье места принадлежат психофизиологическим особенностям обучающихся (до 20 %) и экологической обстановке мест расположения образовательных организаций. В школах с традиционным обучением ведущими факторами, определяющими динамику показателей здоровья школьников, являются социальные (до 24 %), второе место принадлежит состоянию благоустройства и наполняемости школ (23 %), а третье – экологическим факторам (23 %) [8].

Таким образом, результаты гигиенических исследований свидетельствуют о том, что для разработки здоровьесберегающих технологий обучения в средних образовательных учреждениях, в первую очередь в учреждениях инновационного типа, требуется дальнейшее изучение влияния различного типа учебных нагрузок на показатели здоровья учащихся, а также совершенствование нормативной базы, регламентирующей организацию и технологии образовательного процесса.

Цель настоящего исследования – сравнительное изучение особенностей режима, напряженности и интенсивности учебно-воспитательного процесса в образовательных учреждениях различного типа (школа, лицей) и оценка их влияния на состояние здоровья учащихся.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись:

- режимы, показатели напряженности и интенсивности учебного процесса учащихся 1–4-х классов в типовой средней общеобразовательной школе и образовательном учреждении инновационного типа – лицее;

- 190 учащихся в возрасте 7–11 лет 1–4-х классов, обучающихся в средней общеобразовательной школе (89 школьников) и учебном учреждении инновационного типа – лицее (101 учащийся).

Предметом исследования являлись:

- расписание уроков и перемен;
- учебные программы, используемые при обучении учащихся общеобразовательной школы и лицея;
- анкеты социологического обследования родителей учащихся;
- протоколы нейропсихологического тестирования учащихся 1–4-х классов изучаемых образовательных организаций;

– клинико-лабораторные показатели здоровья учащихся;

– протоколы функциональных и инструментальных методов оценки состояния здоровья учащихся.

Медико-биологические исследования проводились с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации (1983) и Национальном стандарте РФ ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). Программа исследования была одобрена этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (протокол № 2, 2016 г.). Для проведения социологических, клинико-функциональных и лабораторных исследований предварительно у всех законных представителей обследованных детей было получено добровольное информированное согласие. Работа выполнена в рамках плана госбюджетных научно-исследовательских работ ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора.

Санитарно-гигиенические исследования включали сравнительную оценку режимов образовательного процесса, напряженности и интенсивности учебной нагрузки в 1–4-х классах школы и лицея.

Сравнительная оценка режимов образовательного процесса проводилась на основании изучения расписания уроков в 1–4-х классах школы и лицея и выполнялась с позиций их соответствия гигиеническим требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях».

Изучение напряженности учебной деятельности обучающихся проводилось в соответствии с федеральными рекомендациями по оказанию медицинской помощи обучающимся «Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся» ФР РОШУМЗ-16-2015 [22] и включало оценку интеллектуальных, эмоциональных и сенсорных нагрузок во время урока, их монотонности и режима работы. Для объективной оценки напряженности каждого из исследуемых видов нагрузки учителями начальных классов была проведена их оценка в баллах (от 1 до 4), где 1 балл соответствовал 1-му классу напряженности, 2 балла – 2-му классу, 3 балла – 3-му классу с напряженностью

1-й степени (3.1), 4 балла – 3-му классу с напряженностью 2-й степени (3.2). Итоговая оценка напряженности каждого из исследуемых видов нагрузки рассчитывалась как среднее значение всех составляющих. Полученное среднее значение всех факторов определенного вида нагрузки сравнивалось с нормативными величинами, рекомендованными федеральными рекомендациями РОШУМЗ-16-2015 «Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся»:

– «оптимальная» (1-й класс) – 1,0–1,5 балла;

– «допустимая» (2-й класс) – 1,6–2,5 балла;

– «напряженная» (3-й класс) – 2,6–4,0 балла;

– «напряженная 1-й степени» (3.1 класс) – 2,6–3,5 балла;

– «напряженная 2-й степени» (3.2 класс) – 3,6–4,0 балла.

К анализу результатов исследования напряженности учебного процесса были привлечены педагоги-психологи.

Для оценки интенсивности учебного процесса выполнено социологическое исследование. Сбор данных осуществлялся методом добровольного анкетирования родителей учащихся с использованием анкеты, разработанной сотрудниками лаборатории методов анализа социологических рисков ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Анкета, помимо медицинских, социально-экономических и экологических разделов, включала блоки вопросов по оценке интенсивности учебного процесса.

Клинико-функциональное обследование детей выполнялось в два этапа: в начале учебного года (сентябрь) и в конце третьей четверти (март). Программа исследований включала оценку показателей физического развития, функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем, оценку психоэмоционального состояния детей и степени развития моторных функций; кроме того проводилось изучение общесоматической заболеваемости детей и определение индивидуальной группы здоровья. Все исследования выполнялись по стандартным методикам. В ходе клинического обследования проводился анализ амбулаторных карт развития (форма № 112/у) и осмотр детей врачами-специалистами (педиатр, гастроэнтеролог, невролог, врач лечебной физкультуры). Электрокардиографическое исследование выполнялось на электрокардиографе «Schiller AT-2 plus», спирография – на спирометре «Schiller PS spirometry» (датчик SP-260, Schiller

AG, Швейцария), ультразвуковое сканирование щитовидной железы проводилось сканером «Vivid q» (GE Vingmed Ultrasound AS, Норвегия) с использованием линейного матричного датчика 5–15 МГц. Оценка нейropsychологического состояния и уровня развития моторных функций детей выполнялась с использованием компьютерной системы тестирования «Vienna» (VTS, Австрия).

Лабораторные исследования были выполнены по стандартным методикам на сертифицированном оборудовании (автоматический гематологический анализатор A^cT5diff AL, США, Франция, Backman Coulter Inc; биохимический анализатор «Konelab 20», ThermoFisher, Финляндия; иммуноферментный анализатор «Infinite F50», Австрия, Tecan) в аккредитованных лабораториях. Работа включала в себя оценку гематологических, биохимических показателей, состояния иммунологического статуса и неспецифической резистентности, гормонального гомеостаза, уровня нейромедиаторов и генетического статуса. Контроль качества выполненных диагностических исследований обеспечен ведением внутрилабораторного контроля качества (приказ МЗ РФ № 45 от 07.02.2000 г.), участием в Федеральной системе внешней оценки качества (сертификат лаборатории № 10843 по биохимическим исследованиям, № 10845 – по общеклиническим исследованиям) и в международной системе оценки качества лабораторных исследований EQAS (сертификат лаборатории № 9473).

Анализ информации, полученной в ходе санитарно-гигиенических, клинико-функциональных и лабораторных исследований, выполнен в пакете статистического анализа Statistica 6.0 и специально разработанных программных продуктов, сопряженных с приложениями MS-Office. Математическая обработка результатов исследования осуществлена с помощью параметрических методов статистики. Характеристики выборок представляли в виде средней (M) \pm стандартной ошибки среднего значения (m). Сравнение двух несвязанных групп проведено по величине t -критерия Стьюдента. Статистически значимыми являлись отличия, соответствующие оценке ошибки вероятности $p \leq 0,05$. Статистическая обработка результатов социологических исследований была выполнена путем расчета и сравнения среднеарифметических значений, определения частотных и структурных характеристик. Проверка достоверности

различий социологических показателей проводилась по критериям пола, возраста и места обучения детей с использованием непараметрических критериев Краскела–Уоллеса (для более двух выборок; группирующая переменная «возраст») и Манна–Уитни (для двух выборок; группирующие переменные «пол» и «учебное заведение»).

Результаты и их обсуждение. Сравнительная гигиеническая оценка режимов реализации образовательного процесса в средней школе и лицее показала, что обучение школьников 1-х и 4-х классов осуществляется в обоих учебных учреждениях в I смену (начало в 8.30), а 2-х и 3-х классов – во II смену (начало в школе в 15.00, в лицее – в 14.15). Продолжительность учебной недели 1–3-х классов равняется 5 дням (понедельник–пятница), 4-е классы занимаются по 6-дневной неделе (понедельник–суббота). Согласно действующему расписанию, длительность урока в первых классах школы составляет 40 мин, в лицее – 35 мин; во 2–4-х классах школы длительность урока равняется 45 мин, а в лицее – 40 мин. Продолжительность перемен в I и II смену в школе одинакова и составляет от 10 (малые перемены) до 20 мин (большие перемены). Большая перемена в школе организована в I смену после 2–3-х уроков, а во II смену после 1–2-х уроков. В лицее длительность малых перемен в I смену составляет 5–10 мин, а большой, организованной после 4–5-х уроков, 20 минут. В лицее во II смену малые перемены имеют продолжительность 5 мин, а длительность большой, организованной после 1–2-го урока, составляет 15 минут. Перерыв между сменами в школе равняется 50 мин, а в лицее – только 10 мин. Таким образом, общая длительность пребывания первоклассников в школе составляет 3 ч 20 мин, а в лицее – 2 ч 40 мин, что связано с сокращенной продолжительностью уроков и перемен. Длительность пребывания в школе учащихся 2–4-х классов достигает 4 ч 35 мин, а в лицее – 3 ч 50 мин – 4 ч.

Согласно расписанию, недельная нагрузка в 1-х классах средней школы равняется 21 часу, во 2–3-х классах – 22 часам, а в 4-м классе – 23 часам. В лицее недельная нагрузка у первоклассников также равняется 21 часу, однако уже со 2-го класса достигает 23 часов. Длительность дневной учебной нагрузки в первых классах обоих учебных организаций не превышает четырех уроков, однако один раз в неделю

у первоклассников пятым уроком проводится физкультура. У учащихся 2–4-х классов длительность учебной нагрузки в течение дня составляет 4–5 уроков, кроме того, у обучающихся в 4-м классе лица в расписании предусмотрено два урока физкультуры в субботу. Изучение расписания уроков в начальных классах исследуемых образовательных организаций показало, что его разработка проводится с учетом шкалы трудности учебных предметов и особенностей дневной и недельной умственной работоспособности обучающихся. В первых классах обеих учебных организаций образовательный процесс осуществляется без балльного оценивания знаний и домашних заданий, а в первом полугодии используется «ступенчатый» режим обучения. Для обучающихся 1-х классов преподавание наиболее трудных предметов (математика, русский язык, иностранный язык) проводится на 2-м уроке, а для 2–4-х классов – на 2–3-м уроках. Сдвоенных уроков по изучению одного предмета в начальных классах средней школы и лицея не проводится. В школе при составлении расписания осуществляется чередование различных по сложности предметов как в течение учебного дня, так и в течение недели: основные предметы (математика, русский и иностранные языки, природоведение, информатика) чередуются с уроками музыки, изобразительного искусства, труда, физической культуры. В лицее это требование СанПиН 2.4.2.2821-10 не выполняется. Для повышения двигательной активности детей в обеих образовательных организациях в течение недели проводится три урока физкультуры, что соответствует объему максимально допустимой недельной школьной нагрузки. В школе из трех уроков физкультуры два отводится плаванию и ритмике, в то время как в лицее осуществляется преподавание только стандартных уроков физкультуры. Расчет ежедневной нагрузки учащихся, проведенный по 11-балльной шкале И.Г. Сивкова [14], показал, что наивысший уровень нагрузки в средней школе приходится на среду, а понедельник и пятница являются облегченными днями. В лицее наивысший уровень учебной нагрузки имеют два учебных дня – среда и четверг, при этом понедельник и пятница также имеют довольно высокий балл умственной нагрузки – 23–24.

Таким образом, анализ организации образовательного процесса свидетельствует о том,

что в средней школе основные требования СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» выполняются. В лицее же нарушается режим чередования различных по сложности предметов, неадекватно распределяется учебная нагрузка в течение недели, сокращено время перемен, а также время между утренней и вечерней сменами (табл. 1).

Таблица 1

Соответствие организации образовательного процесса в начальных классах средней общеобразовательной школы и лицея требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях»

Критерий	Соответствует (+) / не соответствует (–)	
	средняя общеобразовательная школа	лицей
Организация учебного процесса в первом классе	+	+
Начало занятий	+	+
Смены	+	–
Продолжительность уроков	+	+
Продолжительность перемен (перерывов)	+	–
Дневная нагрузка	+	+
Недельная нагрузка	+	+
Проведение «трудных» предметов на 2–3-х уроках	+	+
Чередование различных по сложности предметов	+	–
Сдвоенные уроки	+	+
Наличие трех уроков физической культуры	+	+
Распределение учебной нагрузки в течение недели	+	–

В ходе гигиенической оценки напряженности учебной деятельности младших школьников установлено, что ее уровень не является оптимальным ни в одной из исследуемых образовательных организаций. В средней общеобразовательной школе напряженность учебного процесса достигает 1,8–2,2 балла ($2,05 \pm 0,31$), а в лицее – 1,7–2,5 балла ($2,10 \pm 0,52$), что не различается статистически ($p = 0,86$) и соответствует допустимому уровню нагрузки (1,6–2,5 балла) (табл. 2).

Таблица 2

Результаты оценки напряженности учебного процесса в начальных классах образовательных организаций различного типа (баллы)

Показатель	1-й класс		2-й класс		3-й класс		4-й класс	
	школа	лицей	школа	лицей	школа	лицей	школа	лицей
Интеллектуальные нагрузки	2,5	3,0	2,8	2,5	2,3	3,5	2,5	3,0
Сенсорные нагрузки	1,6	1,5	1,9	1,9	1,5	1,8	1,6	2,8
Эмоциональные нагрузки	3,0	1,5	1,5	2,3	1,8	1,5	2,8	2,8
Монотонность нагрузок	2,0	1,5	2,0	2,0	2,3	2,3	2,0	2,3
Режим работы	2,0	1,0	1,7	2,0	1,3	1,3	2,0	1,6
Общий показатель напряженности учебного труда	2,2	1,7	2,0	2,1	1,8	2,1	2,2	2,5

В то же время, если интеллектуальные нагрузки в начальных классах школы (2,3–2,5 балла) не превышают допустимого уровня, то у большинства учащихся 1–4-х классов лица (3,0–3,5 балла) они характеризуются как «напряженные I степени» (2,6–3,5 балла). Уровень сенсорных нагрузок (1,5–1,9 балла) у учащихся средней школы соответствует оптимальным и допустимым значениям, а у лицеистов 4-х классов достигает 2,8 балла и классифицируется как «напряженные I степени». Однако, если эмоциональные нагрузки в 1–3-х классах лица соответствуют оптимальному и допустимому уровням (1,5–2,3 балла) и лишь в 4-х являются «напряженными I степени» (2,8 балла), то в средней школе учащиеся 1-х (3,0) и 4-х классов (2,8) подвергаются воздействию напряженных эмоциональных нагрузок (I ст.), которые только в 3-х классах имеют оптимальный уровень (1,5 балла). Обобщая полученные результаты, следует отметить, что в 1–3-х классах изучаемых образовательных организаций напряженность отдельных составляющих учебного процесса носит преимущественно оптимальный/допустимый характер и только интеллектуальные нагрузки лицеистов достигают уровня «напряженных I степени» (2,5–3,5 балла). Наиболее существенные различия наблюдаются в 4-х классах: если в лицее основные составляющие общей напряженности учебного процесса (интеллектуальные – 3,0 балла, сенсорные – 2,8 и эмоциональные – 2,8) относятся к классу «напряженных I степени», то в средней школе такого уровня достигают только эмоциональные (2,8 балла), а уровень остальных колеблется от 1,6 до 2,5 балла.

Изучение показателей интенсивности обучения по результатам анкетирования родителей показало, что в средней школе все учащиеся 1–4-х классов учатся пять дней в неделю, в то время как в лицее только 75,0 % детей занима-

ются по 5-дневному расписанию, 18,2 % – имеют шестидневную учебную неделю, а еще 6,8 % – учатся по переменному расписанию 5–6 дней в неделю (коэффициент сопряженности 0,3, $p = 0,0001$, тип связи – средняя). На основании результатов анкетирования установлено, что в школе только 66,7 % учащихся имеют 5 уроков в день и более, в то время как в лицее все школьники имеют такую продолжительность дневной занятости (коэффициент сопряженности 0,5; $p = 0,0001$; тип связи – сильная).

Творческий характер домашних заданий был отмечен только 25,7 % родителей школьников, в то время как в лицее такую характеристику домашних заданий дали 41,6 % родителей (коэффициент сопряженности 0,2; $p = 0,045$; тип связи – слабая).

В ходе исследования было установлено, что независимо от типа образовательной организации более двух часов в день на выполнение домашнего задания тратят 32,9 % учеников, обучающихся в первую смену. Таких учащихся во вторую смену было в два раза больше – 58,4 % ($p = 0,001$). В целом менее часа в день посвящают выполнению домашнего задания 3,8 % школьников и 16,9 % лицеистов ($p = 0,003$); от одного до двух часов – 47,4 и 38,2 % соответственно ($p = 0,19$); от двух до трех часов – 42,3 и 37,1 % ($p = 0,46$); более 3 часов – 6,4 и 7,9 % учащихся сравниваемых групп ($p = 0,68$). Статистически достоверных различий между переменными «тип учебного заведения» и «среднее время выполнения домашних заданий» не выявлено ($p \geq 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют о том, что каждый второй учащийся младших классов (48,8 % – в средней школе и 44,9 % – в лицее; $p = 0,003$) затрачивает на подготовку домашнего задания больше времени, чем это регламентировано СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические

требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях».

Результаты исследования показали, что 85,3 % учащихся начальных классов средней школы и 91,1 % лицеистов ($p = 0,20$) посещают учреждения дополнительного образования, при этом каждый третий ребенок – более одного (26,8 % школьников и 34,9 % лицеистов; $p = 0,22$). Однако школьники, в сравнении с лицеистами, реже посещают спортивные секции (50,0 % против 74,1 %; $p = 0,001$). В целом регулярно занимаются физкультурой и спортом 68,8 % школьников и 82,8 % лицеистов ($p = 0,02$). Из них – ежедневно/4–5 раз в неделю – 32,8 % учащихся школы и 49,3 % лицея ($p = 0,02$); 2–3 раза в неделю – 61,8 и 41,1 % соответственно ($p = 0,004$) и 1 раз в неделю – 5,5 и 9,6 % ($p = 0,28$). Большинство учеников начальной ступени образования, независимо от типа учебного заведения, посвящают занятиям спортом от 3 до 5 часов в неделю (42,6 % школьников и 43,1 % лицеистов; $p = 0,94$), чуть больше трети – 6–8 часов в неделю (35,2 и 33,3 % соответственно; $p = 0,78$), от 1 часа до 2 занимаются около 12 % детей, 9 часов в неделю и больше – около 10 %.

Таким образом, результаты санитарно-гигиенической оценки учебного процесса показывают, что обучение в учреждениях инновационного типа сопряжено с уплотненным режимом учебного дня детей, большей продолжительностью их образовательной деятельности в течение недели, значительными интеллектуальными, сенсорными и эмоциональными нагрузками и интенсивностью педагогического процесса на

уроке, а также творческим характером выполнения домашних заданий. Практически все учащиеся образовательных организаций инновационного типа ежедневно заняты дополнительными занятиями (посещение секций, школ художественного развития, занятия с репетиторами). При этом каждый третий ребенок занимается по двум направлениям, что значительно увеличивает суммарный объем занятости детей учебной деятельностью.

Сравнительный анализ результатов соматометрического исследования первоклассников изучаемых образовательных организаций не выявил статистически значимых различий: массо-ростовые параметры, окружности грудной клетки и головы, данные кистевой динамометрии были близки между собой и не отличались от физиологической возрастной нормы ($p = 0,45–0,98$), при этом дети имели близкие значения индексов массы тела и Пинье, а также экскурсии грудной клетки ($p = 0,18–0,92$) (табл. 3). Результаты исследования физического развития учащихся 4-х классов также имели близкие значения в сравниваемых группах ($p = 0,39–0,94$) (табл. 4). В то же время сопоставительный анализ 4-летней динамики соматометрических показателей позволил установить достоверно более высокие значения массы тела у девочек и темп нарастание индекса массы тела у всех учащихся лицея ($p = 0,05$) (табл. 5).

Таким образом, несмотря на более плотный режим занятий, интенсивный и напряженный характер учебной деятельности, физическое развитие детей инновационных учебных

Таблица 3

Сравнительная характеристика показателей физического развития первоклассников образовательных организаций различного типа

Показатель	Мальчики			Девочки		
	лицей	школа	достоверность различий	лицей	школа	достоверность различий
Рост, см	130,33 ± 6,08	130,21 ± 5,96	0,98	125,80 ± 4,52	124,75 ± 4,95	0,76
Масса тела, кг	26,97 ± 3,99	28,18 ± 6,62	0,76	22,69 ± 1,82	23,74 ± 5,03	0,70
Окружность грудной клетки, см	60,33 ± 4,05	60,64 ± 7,64	0,94	56,30 ± 3,06	56,50 ± 5,53	0,91
Экскурсия грудной клетки, см	8,25 ± 1,91	7,36 ± 1,39	0,45	7,30 ± 2,26	7,00 ± 0,93	0,81
Окружность головы, см	52,00 ± 1,35	53,64 ± 1,98	0,18	50,60 ± 2,32	52,25 ± 1,39	0,19
Кистевая динамометрия справа, кг	9,00 ± 2,26	9,29 ± 3,89	0,90	6,40 ± 2,01	6,75 ± 1,67	0,79
Кистевая динамометрия слева, кг	7,50 ± 1,68	7,79 ± 3,04	0,87	5,80 ± 1,87	5,63 ± 2,58	0,92
Индекс массы тела (усл. ед.)	15,82 ± 1,66	16,49 ± 2,66	0,67	14,33 ± 0,66	15,18 ± 2,09	0,44
Индекс Пинье (усл. ед.)	43,03 ± 5,94	41,40 ± 10,96	0,79	46,81 ± 3,62	44,51 ± 8,41	0,62

Таблица 4

Сравнительная характеристика показателей физического развития учащихся
4-х классов образовательных организаций различного типа

Показатель	Мальчики			Девочки		
	лицей	школа	достоверность различий	лицей	школа	достоверность различий
Рост, см	144,67 ± 8,21	142,93 ± 5,00	0,72	145,71 ± 8,88	147,75 ± 6,99	0,72
Масса тела, кг	38,85 ± 3,78	35,69 ± 8,43	0,50	35,29 ± 7,51	37,13 ± 8,52	0,75
Окружность грудной клетки, см	66,44 ± 9,04	66,21 ± 6,36	0,93	65,36 ± 5,99	66,0 ± 7,38	0,89
Экскурсия грудной клетки, см	8,05 ± 2,34	8,13 ± 2,67	0,96	7,60 ± 2,38	8,31 ± 1,89	0,64
Окружность головы, см	52,39 ± 1,65	53,36 ± 1,50	0,39	53,36 ± 1,95	53,88 ± 1,36	0,87
Кистевая динамометрия справа, кг	13,06 ± 2,44	12,93 ± 2,06	0,94	11,43 ± 2,28	9,88 ± 2,31	0,34
Кистевая динамометрия слева, кг	11,39 ± 2,23	12,50 ± 1,95	0,46	10,57 ± 2,28	9,56 ± 1,90	0,50
Индекс массы тела (усл. ед.)	17,97 ± 4,13	17,32 ± 3,14	0,82	16,43 ± 2,04	16,83 ± 2,49	0,91
Индекс Пинье (усл. ед.)	37,30 ± 8,35	38,29 ± 15,25	0,91	42,06 ± 3,64	44,63 ± 10,86	0,66

Таблица 5

Динамики показателей физического развития учащихся за четыре года обучения
в начальных классах образовательных организаций различного типа

Показатель	Мальчики			Девочки		
	лицей	школа	достоверность различий	лицей	школа	достоверность различий
Рост, см	14,34 ± 2,15	12,72 ± 1,96	0,27	19,91 ± 2,71	23,0 ± 2,97	0,13
Масса тела, кг	11,88 ± 2,89	7,51 ± 2,53	0,03	12,6 ± 4,67	13,39 ± 4,78	0,81
Окружность грудной клетки, см	6,11 ± 0,55	5,57 ± 0,11	0,06	9,06 ± 2,53	9,50 ± 2,46	0,82
Экскурсия грудной клетки, см	0	0,77 ± 0,03	0,06	0,30 ± 0,02	0,31 ± 0,14	0,93
Окружность головы, см	0,39 ± 0,15	0,28 ± 0,14	0,29	2,72 ± 0,14	1,63 ± 0,38	0,001
Кистевая динамометрия справа, кг	4,06 ± 2,35	3,64 ± 2,98	0,83	5,03 ± 2,39	3,13 ± 1,99	0,22
Кистевая динамометрия слева, кг	3,89 ± 1,96	4,71 ± 2,5	0,61	4,77 ± 2,08	3,93 ± 2,24	0,58
Индекс массы тела (усл. ед.)	2,15 ± 0,9	0,83 ± 0,9	0,05	2,10 ± 0,35	1,65 ± 0,29	0,05

заведений не отличается от показателей их сверстников, обучающихся в школах традиционного типа. Однако темпы прироста массы тела и индекса массы тела у учащихся инновационных образовательных учреждений выше. Выявленная особенность может быть связана, в том числе, и с социально-экономическими условиями воспитания детей. Анализ данных анкет показал, что в семье каждого третьего лицеиста доход на члена семьи составлял более 30 тыс. руб., а у 37,7 % равняется 15 тыс. руб., в то время как в типовой школе такой доход имеют не более чем 12,7–14,9 % семей соответственно ($p = 0,0001–0,003$). Кроме того, результаты изучения режима питания учащихся показали, что регулярно (4–5 раз в день) питаются 44,6 % лицеистов и только 30,7 % учащихся средней школы ($p = 0,04$), 3 раза в день – 51,8 % лицеистов и 64 % школьников ($p = 0,08$), 1–2 раза в день – 3,6 и 5,3 % детей соответственно ($p = 0,56$). Установлено, что 71,6 % лицеистов

имеют 1–2 раза в течение дня дополнительные полдники (среди школьников – только 52,2 %; $p = 0,005$), а 28,3 % «перекусывают» 3–5 раз (среди школьников – 47,8 %, $p = 0,005$).

Результаты оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы выявили, что в начале учебного года почти у половины обследованных первоклассников обеих образовательных организаций имели место отклонения от физиологической нормы отдельных показателей электрокардиограммы (43,1 % лицеистов и 43,6 % школьников; $p = 0,96$). Чаще всего выявлялось нарушение ритма сердца по типу дыхательной синусовой аритмии (у 23,5 % лицеистов и 35,9 % школьников; $p = 0,20$), что свойственно детям данной возрастной группы. В 4-х классах лицея к концу учебного года количество детей с нормальным вариантом электрокардиограммы снижалось до 52,0 %, а в школе увеличивалось до 61,3 % ($p = 0,68$), при этом частота регистрации нару-

шений ритма сердца у лицеистов возрастала до 48,0 % ($p = 0,69$), а у школьников снижалась до 38,7 % ($p = 0,68$). Следует подчеркнуть, что среди учащихся начальных классов лица за четыре года обучения частота регистрации синусовой брадикардии, свидетельствующей о повышенной активности вегетативной нервной системы и низкой адаптированности детей, увеличивалась с 7,8 до 14,6 % ($p = 0,16$) и достоверно превышала аналогичный показатель школьников (1,2 %; $p = 0,01$) (табл. 6). Выявленные разнонаправленные тенденции динамики функционального состояния сердечно-сосудистой системы у обследованных детей свидетельствуют о более выраженной тенденции формирования постепенной адаптированности учащихся традиционной школы к возрастающим учебным нагрузкам.

Исследование функционального состояния системы дыхания показало, что каждый десятый первоклассник, независимо от типа учебной организации, имеет нарушения вентиляционной способности легких, преимущественно

по рестриктивному типу, которые у большинства детей исчезают к моменту окончания начальной школы ($p = 0,06-0,69$).

По данным ультразвукового сканирования щитовидной железы физиологическое строение органа имеют не более 32,5–36,1 % ($p = 0,60$) обследованных школьников начальных классов изучаемых учебных заведений, при этом измененная структура ткани щитовидной железы регистрировалась у лицеистов в 1,6 раза чаще (47,5 против 30,6 % в средней школе, $p = 0,02$) (табл. 7). Наиболее частой причиной изменения структуры органа являлось наличие кистозно-расширенных фолликулов. Следует отметить, что этот вид морфологической патологии встречался у учащихся лица в 2,1 раза чаще (40,0 против 19,4 %, $p = 0,002$). Согласно современным научным исследованиям, причинами развития кистозно-фолликулярной трансформации щитовидной железы, помимо дефицита йода, воздействия химических веществ, травм и иных факторов, являются хронический стресс и психофизическое перенапряжение [24].

Таблица 6

Динамики показателей электрокардиограммы у учащихся начальных классов образовательных организаций различного типа за четыре года обучения (%)

Данные ЭКГ	1-й класс			4-й класс		
	лицей	школа	достоверность различий	лицей	школа	достоверность различий
Норма	56,9	56,4	0,96	52,0	61,3	0,41
Отклонения от нормы ЭКГ:	43,1	43,6	0,96	48,0	38,7	0,41
синусовая тахикардия (умеренная и выраженная)	2	2,6	0,50	5,4	7,5	0,32
синусовая брадикардия (умеренная и выраженная)	7,8	0	0,10	14,6	1,2	0,01
синусовая аритмия (умеренная и выраженная)	23,5	35,9	0,20	28,0	30,0	0,85
наджелудочковая экстрасистолия	9,8	5,1	0,23	0	0	—

Таблица 7

Результаты ультразвукового исследования щитовидной железы учащихся начальных классов образовательных организаций различного типа, %

Данные ультразвукового исследования щитовидной железы	Лицей	Школа	Достоверность различий
Ультразвуковая норма	32,5	36,1	0,60
Ультразвуковые признаки патологии	67,5	63,9	0,60
Нормальный объем щитовидной железы	65,0	55,5	0,18
Изменение объема щитовидной железы	35,0	44,4	0,19
Увеличение объема щитовидной железы	5,0	5,5	0,76
Уменьшение объема щитовидной железы	30,0	38,9	0,20
Нормальная структура щитовидной железы	52,5	69,4	0,02
Измененная структура щитовидной железы	47,5	30,6	0,02
Диффузные изменения структуры	0,0	2,78	0,08
Наличие мелкоочаговых образований	15,0	11,1	0,43
Наличие кистозно-расширенных фолликулов	40,0	19,4	0,002
УЗ-признаки врожденного гипотиреоза	0,0	2,78	0,08

Результаты нейропсихологического тестирования показали, что к концу учебного года среднее время реакции и скорость движений на визуально-акустические стимулы у школьников имели тенденцию к сокращению ($p = 0,13-0,50$), в то время как у учащихся лица – увеличивались, при этом удлинение времени моторной реакции на раздражитель достигало степени статистической значимости ($p = 0,0001$) (табл. 8, 9).

В целом время моторной реакции и степень рассеивания моторной реакции у лицеистов ($595,261 \pm 17,228$ и $93,011 \pm 5,255$ мс соот-

ветственно) были достоверно больше, чем показатели школьников ($526,854 \pm 25,234$ и $86,366 \pm 7,078$ мс; $p = 0,001-0,05$). Следует отметить, что в конце учебного года при воздействии интерферирующей информации (буквенной и цветовой) у лицеистов имело место достоверное снижение скорости чтения и артикуляции ($p = 0,03-0,05$). У школьников эти показатели в течение учебного года не претерпевали существенных изменений ($p = 0,23-0,98$), а медиана времени реакции при чтении даже сокращалась ($p = 0,03$) (табл. 10).

Таблица 8

Результаты нейропсихологического тестирования учащихся начальных классов средней общеобразовательной школы

Характеристика теста	Начало учебного года	Конец учебного года	Достоверность различий
<i>RT-тест</i>			
Среднее время реакции (мс)	$599,736 \pm 27,742$	$526,854 \pm 25,234$	0,13
Среднее моторное время (мс)	$239,138 \pm 16,567$	$227,854 \pm 21,880$	0,50
Степень рассеивания времени реакции (мс)	$106,057 \pm 9,151$	$86,366 \pm 7,078$	0,11
Степень рассеивания моторного времени (мс)	$42,276 \pm 6,109$	$35,512 \pm 4,876$	0,42
Верно отреагировал (усл. ед.)	$15,826 \pm 0,094$	$15,927 \pm 0,083$	0,27
Не отреагировал (усл. ед.)	$0,184 \pm 0,120$	$0,073 \pm 0,083$	0,44
Не полностью отреагировал (усл. ед.)	$0,023 \pm 0,032$	$0,000 \pm 0,000$	0,32
Неверно отреагировал (усл. ед.)	$0,561 \pm 0,409$	$0,293 \pm 0,592$	0,96
<i>STROOP-тест</i>			
Интерференционная склонность при чтении (с)	$0,348 \pm 0,052$	$0,368 \pm 0,064$	0,98
Интерференционная склонность при артикуляции (с)	$0,259 \pm 0,047$	$0,247 \pm 0,049$	0,23
Детальные результаты – базовая линия медианы времени реакции чтения (с)	$1,002 \pm 0,039$	$0,914 \pm 0,060$	0,03
Детальные результаты – базовая линия медианы времени реакции при артикуляции (с)	$0,936 \pm 0,031$	$0,890 \pm 0,054$	0,50
Неверные результаты чтения 1 (усл. ед.)	$4,287 \pm 0,820$	$2,125 \pm 0,714$	0,04
Неверные результаты артикуляции 1 (усл. ед.)	$4,034 \pm 1,188$	$1,850 \pm 0,658$	0,07
Детальные результаты-интерференционные условия медианы времени реакции – чтение (с)	$1,350 \pm 0,068$	$1,282 \pm 0,113$	0,10
Детальные результаты – интерференционные условия медианы времени реакции при артикуляции (с)	$1,195 \pm 0,060$	$1,137 \pm 0,088$	0,25
Неверные результаты чтения 2 (усл. ед.)	$9,046 \pm 2,523$	$7,225 \pm 2,833$	0,93
Неверные результаты артикуляции 2 (усл. ед.)	$5,080 \pm 1,653$	$3,625 \pm 1,147$	0,46

Таблица 9

Результаты нейропсихологического тестирования учащихся начальных классов лица

Характеристика теста	Начало учебного года	Конец учебного года	Достоверность различий
<i>RT-тест</i>			
Среднее время реакции (мс)	$546,731 \pm 16,870$	$595,261 \pm 17,228$	0,0001
Среднее моторное время (мс)	$227,164 \pm 16,046$	$240,250 \pm 13,460$	0,22
Степень рассеивания времени реакции (мс)	$94,463 \pm 5,773$	$93,011 \pm 5,255$	0,71
Степень рассеивания Моторное время (мс)	$37,463 \pm 4,033$	$37,625 \pm 3,066$	0,95
Верно отреагировал (усл. ед.)	$15,833 \pm 0,110$	$15,943 \pm 0,049$	0,07
Не отреагировал (усл. ед.)	$0,194 \pm 0,149$	$0,057 \pm 0,049$	0,08
Не полностью отреагировал (усл. ед.)	$0,030 \pm 0,042$	$0,000 \pm 0,000$	0,16
Неверно отреагировал (усл. ед.)	$0,629 \pm 0,527$	$0,125 \pm 0,077$	0,06

Окончание табл. 9

Характеристика теста	Начало учебного года	Конец учебного года	Достоверность различий
<i>STROOP-тест</i>			
Интерференционная склонность при чтении (с)	0,357 ± 0,056	0,437 ± 0,049	0,03
Интерференционная склонность при артикуляции (с)	0,251 ± 0,042	0,303 ± 0,041	0,05
Детальные результаты – базовая линия медианы времени реакции чтения (с)	0,979 ± 0,040	0,954 ± 0,029	0,33
Детальные результаты – базовая линия медианы времени реакции при артикуляции (с)	0,908 ± 0,029	0,921 ± 0,026	0,51
Неверные результаты чтения 1 (усл. ед.)	4,433 ± 0,958	2,080 ± 0,491	0,0001
Неверные результаты артикуляции 1 (усл. ед.)	3,791 ± 1,080	2,227 ± 0,523	0,01
Детальные результаты – интерференционные условия медианы времени реакции – чтение (с)	1,336 ± 0,077	1,406 ± 0,071	0,18
Детальные результаты – интерференционные условия медианы времени реакции при артикуляции (с)	1,159 ± 0,058	1,224 ± 0,059	0,12
Неверные результаты чтения 2 (усл. ед.)	7,910 ± 1,663	5,420 ± 0,863	0,009
Неверные результаты артикуляции 2 (усл. ед.)	4,463 ± 1,169	2,864 ± 1,016	0,04

Таблица 10

Результаты нейропсихологического тестирования учащихся начальных классов образовательных организаций различного типа в конце учебного года

Характеристика теста	Школа	Лицей	Достоверность различий
<i>RT-тест</i>			
Среднее время реакции (мс)	526,854 ± 25,234	595,261 ± 17,228	0,001
Среднее моторное время (мс)	227,854 ± 21,880	240,250 ± 13,460	0,33
Степень рассеивания времени реакции (мс)	86,366 ± 7,078	93,011 ± 5,255	0,048
Степень рассеивания моторного времени (мс)	35,512 ± 4,876	37,625 ± 3,066	0,16
Верно отреагировал (усл. ед.)	15,927 ± 0,083	15,943 ± 0,049	0,99
Не отреагировал (усл. ед.)	0,073 ± 0,083	0,057 ± 0,049	0,73
Не полностью отреагировал (усл. ед.)	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	1,0
Неверно отреагировал (усл. ед.)	0,293 ± 0,592	0,125 ± 0,077	0,57
<i>STROOP-тест</i>			
Интерференционная склонность при чтении (с)	0,368 ± 0,064	0,437 ± 0,049	0,05
Интерференционная склонность при артикуляции (с)	0,247 ± 0,049	0,303 ± 0,041	0,05
Детальные результаты – базовая линия медианы времени реакции чтения (с)	0,914 ± 0,060	0,954 ± 0,029	0,23
Детальные результаты – базовая линия медианы времени реакции при артикуляции (с)	0,890 ± 0,054	0,921 ± 0,026	0,29
Неверные результаты чтения 1 (усл. ед.)	2,125 ± 0,714	2,080 ± 0,491	0,92
Неверные результаты артикуляции 1 (усл. ед.)	1,850 ± 0,658	2,227 ± 0,523	0,37
Детальные результаты – интерференционные условия медианы времени реакции при чтении (с)	1,282 ± 0,113	1,406 ± 0,071	0,05
Детальные результаты – интерференционные условия медианы времени реакции при артикуляции (с)	1,137 ± 0,088	1,224 ± 0,059	0,1
Неверные результаты чтения 2 (усл. ед.)	7,225 ± 2,833	5,420 ± 0,863	0,22
Неверные результаты артикуляции 2 (усл. ед.)	3,625 ± 1,147	2,864 ± 1,016	0,31

Совокупность полученных данных свидетельствует о том, что к концу учебного года у школьников инновационных образовательных организаций имеет место достоверное снижение функции внимания и более выраженное замедление ассоциативно-интеграционных процессов интеллектуальной деятельности, чем у школьников средних общеобразовательных школ.

Сравнительный анализ содержания в крови стресс-гормонов показал, что в начале учебного года уровни дофамина ($36,83 \pm 8,85$ пг/см³ – у учащихся лицея и $34,83 \pm 2,06$ пг/см³ – у школьников), норадреналина ($126,76 \pm 15,30$ и $138,46 \pm 10,90$ пг/см³ соответственно) и адреналина ($42,80 \pm 12,23$ и $54,10 \pm 16,52$ пг/см³ соответственно) у учащихся обоих образовательных

учреждений соответствовали физиологической норме и не имели значимых различий ($p = 0,034-0,79$). К концу учебного года у лицейстов содержание норадреналина повысилось до $232,37 \pm 95,69$ пг/см³ ($p = 0,001$) (у школьников – до $229,11 \pm 49,00$ пг/см³; $p = 0,001$), а уровень адреналина ($28,25 \pm 12,36$ против $20,37 \pm 6,53$ пг/см³ у школьников; $p = 0,48$) имел тенденцию к снижению ($p = 0,001-0,07$). Стоит отметить, что содержание дофамина у лицейстов было достоверно ниже показателя школьников ($13,03 \pm 8,12$ против $26,21 \pm 5,75$ пг/см³, $p = 0,01$). Содержание кортизола у учащихся лицей было достоверно выше, чем у сверстников, обучающихся в средней школе ($408,37 \pm 44,54$ против $296,29 \pm 51,07$ нмоль/см³; $p = 0,03$), при этом у 18,0 % лицейстов его уровень превышал физиологическую норму (у школьников только в 7,9 % случаев; $p = 0,03$). Одновременно у лицейстов содержание серотонина было достоверно ниже такового у учащихся общеобразовательной школы ($192,69 \pm 16,27$ против $256,17 \pm 17,77$ нг/см³, $p = 0,02$). Содержание ТТГ и Т₄ общего не имело существенных различий в сравниваемых группах ($2,03 \pm 0,31$ мкМЕ/см³ и $106,38 \pm 5,75$ нмоль/дм³ соответственно против $2,33 \pm 0,23$ мкМЕ/см³ и $105,63 \pm 4,41$ нмоль/дм³ $p = 0,68-0,87$).

В ходе исследования установлено, что в конце учебного года содержание цГМФ, инициирующего анаболические процессы и реакции миорелаксации, у детей, обучающихся в лицее ($4,42 \pm 0,94$ пмоль/см³), достоверно превышало показатель школьников ($3,32 \pm 0,51$ пмоль/см³; $p = 0,04$), при этом у 27,3 % лицейстов его уровень был выше физиологической нормы и достигал $7,12 \pm 1,91$ пмоль/см³ ($p = 0,02$). Среди школьников таких детей было не более 6,2 % ($p = 0,02$), а уровень цГМФ у них не превышал $5,95 \pm 0,64$ пмоль/см³ ($p = 0,04$). Кроме того, среди лицейстов в 1,7 раза чаще (24,2 % детей) выявлялись случаи пониженного содержания апополипротеина А1 и повышения коэффициента «аполипопротеин В100/аполипопротеин А по А1» (среди школьников таких детей было не более – 14,0–13,8 % соответственно; ОШ–1,8; $p = 0,03$), а детей с повышенным уровнем общего холестерина ($6,06 \pm 0,04$ ммоль/дм³) в 1,6 раза больше (12,1 против 7,5 %; ОШ = 1,4; $p = 0,04$).

Результаты генетического исследования показали, что у 7 % учащихся лицей и 16 % школьников ($p = 0,04$) выявлялась вариантная гомозигота гена глутаматного рецептора (ген АМРА). Ее наличие отрицательно сказывается

на ассоциативно-интеграционных процессах интеллектуальной деятельности, скорости и объеме запоминаемой информации, что, в конечном итоге, снижает эффективность обучаемости детей. Более редкая встречаемость вариантной гомозиготы гена АМРА у лицейстов, скорее всего, связана с требованиями предварительного отбора контингента учащихся в образовательные учреждения инновационного типа.

Таким образом, результаты лабораторного обследования свидетельствуют о том, что большинство учащихся начальных классов, независимо от типа учебного учреждения, адаптируются к условиям образовательного процесса. Однако у школьников, обучающихся в образовательных организациях инновационного типа, этот процесс протекает на фоне перенапряжения симпатoadреналовой системы. Установленные у лицейстов в конце учебного года более низкие уровни дофамина и серотонина не только определяют снижение эмоционального тонуса детей, но и являются одной из причин замедления скорости принятия решений, особенно при воздействии интерферирующей информации. Сочетание низкого уровня дофамина с повышенным содержанием цГМФ (27,2 % лицейстов) отрицательно сказывается на скорости чтения, артикуляции и времени моторной реакции школьников. Регистрируемые у каждого четвертого лицейста низкие уровни апополипротеина А1 и повышение коэффициента «аполипопротеин В100/аполипопротеин А по А1» в сочетании с высоким содержанием цГМФ являются предикторами вероятного развития выраженных нарушений жирового обмена и формирования сердечно-сосудистой патологии в старших возрастных группах.

Анализ результатов клинико-функционального и лабораторного обследования детей, посещающих образовательные учреждения различного типа обучения, показал, что количество абсолютно здоровых младших школьников в исследуемых учебных учреждениях не превышает 4,0–4,5 % (табл. 11).

Анализ структуры хронической соматической патологии у детей этой возрастной группы свидетельствует о том, что наиболее распространенными классами заболеваний у учащихся обеих образовательных организаций являются болезни органов пищеварения (K00-K99), нервной системы (G00-G99), опорно-двигательного аппарата (M00-M99) и эндокринной системы (E00-E99). Результаты исследования показали, что уровень заболеваемости учащихся лицей

Таблица 11

Частота регистрации основных классов заболеваний (МКБ-10) у учащихся начальных классов образовательных организаций различного типа (%)

Класс болезней	Лицей	Школа	Достоверность различий между группами
Болезни органов пищеварения (K00-K99)	44,5	56,1	0,11
Болезни нервной системы (G00-G99)	57,3	40,4	0,02
Болезни органов дыхания (J00-J99)	14,9	20,2	0,34
Заболевания опорно-двигательного аппарата (M00-M99)	59,3	43,7	0,03
Болезни эндокринной системы (E00-E99)	47,4	31,4	0,03
Болезни кожи и подкожной клетчатки (L00-L99)	7,9	9,0	0,79
Здоров	4,0	4,5	0,86

Таблица 12

Структура хронической соматической патологии у учащихся начальных классов образовательных организаций различного типа (%)

Нозологическая единица	Лицей	Школа	Достоверность различий
<i>Заболевания системы пищеварения</i>			
Синдром билиарной дисфункции (K83.8)	24,7	33,7	0,17
Функциональная диспепсия (K30)	17,8	20,2	0,67
Кариес зубов (K02.9)	2,97	4,49	0,96
Хронический гастродуоденит	1,98	2,2	0,98
<i>Заболевания органов дыхания</i>			
Бронхиальная астма (J45.0)	0,99	2,2	0,98
Рецидивирующий бронхит, трахеит (J39.8, J44.8)	0,99	0,0	0,97
Аллергический ринит (J30.0, J30.1, J30.3)	5,94	7,86	0,59
Хронический тонзиллит (J35.0)	0,99	0	0,98
Гипертрофия аденоидов (J35.2, J35.3)	5,94	10,1	0,31
<i>Заболевания нервной системы</i>			
Расстройства вегетативной нервной системы (G90.8)	25,7	8,98	0,03
Астеноневротический синдром (G93.8)	31,6	31,4	0,99
<i>Заболевания опорно-двигательного аппарата</i>			
Нарушение осанки (M43.8, M43.9)	51,4	32,5	0,01
Плоскостопие (M21.4, M21.0)	7,92	11,2	0,45
<i>Заболевания эндокринной системы</i>			
Высокорослость (E34.4)	9,9	8,98	0,82
Низкорослость (E34.3)	1,98	0	0,98
Нарушение питания (E44.1, E46, E67.8)	30,6	16,8	0,03
Ожирение (E66.0)	4,95	5,61	0,76
<i>Заболевания кожи</i>			
Атопический дерматит (L20.8, L27.9)	7,9	9,0	0,81

болезнями нервной системы (57,3 против 40,4 % у школьников), опорно-двигательного аппарата (59,3 против 43,7 % соответственно) и эндокринной системы (47,4 против 31,4 %) достоверно в 1,4–1,5 раза превышает показатели школьников ($p = 0,02–0,03$) (табл. 12).

В ходе сравнительного анализа было установлено, что у учащихся начальных классов лицей в группе болезней нервной системы достоверно чаще регистрируются расстройства вегетативной нервной системы (G90.8) (25,7 против 8,98 % у школьников, $p = 0,03$; $OR = 2,5$;

$DI = 1,4–3,2$; $p = 0,02$); среди заболеваний опорно-двигательного аппарата – нарушение осанки (M43.8, M43.9) (51,4 против 32,5 % соответственно, $p = 0,01$; $OR = 1,6$; $DI = 1,2–1,9$; $p = 0,03$), а в классе болезней эндокринной системы – нарушения питания (E44.1, E46, E67.8) (30,6 против 16,8 % соответственно, $p = 0,03$; $OR = 1,8$; $DI = 1,5–2,2$; $p = 0,02$) (табл. 12). Установлена прямая корреляционная связь повышенной интеллектуальной и сенсорной составляющих образовательного процесса с частотой регистрации у учащихся расстройств вегетативной

нервной системы (G90.8) ($F = 114,31-286,77$; $R^2 = 0,34-0,41$; $p = 0,02-0,03$), а также повышенной интеллектуальной нагрузки и общего показателя напряженности учебного труда – с частотой формирования заболеваний опорно-двигательного аппарата ($F = 73,29-193,83$; $R^2 = 0,29-0,37$; $p = 0,02$).

Изучение динамики распределения детей по группам здоровья за период обучения в младшей параллели школьных образовательных организаций различного типа показало, что все первоклассники при поступлении в школу имели вторую группу здоровья, в то время как среди поступающих в лицей таких детей было 86,5 % ($p = 0,001$), однако 4,5 % имели первую группу ($p = 0,02$), но 9,0 % – третью ($p = 0,001$). К концу четвертого года обучения у 3,6 % школьников установлена первая группа здоровья (среди лицейцев – 0 %, $p = 0,05$), у 85,7 % – вторая (среди лицейцев – 92,0 %, $p = 0,15$), однако каждый десятый ребенок (10,7 %) имел третью группу (среди лицейцев – 8,0 %, $p = 0,51$) (табл. 13).

Таблица 13

Динамика распределения детей по группам здоровья за период обучения в начальных классах образовательных организаций различного типа, %

Группа здоровья	Лицей			Школа			p^3	p^4
	1-й класс	4-й класс	p^1	1-й класс	4-й класс	p^2		
I	4,5	0,0	0,03	0,0	3,6	0,07	0,02	0,05
II	86,5	92,0	0,19	100,0	85,7	0,001	0,001	0,15
III	9,0	8,0	0,04	0,0	10,7	0,001	0,001	0,51

Примечание:

p^1 – достоверность различий между 1-ми и 4-ми классами лицея;

p^2 – достоверность различий между 1-ми и 4-ми классами школы;

p^3 – достоверность различий между 1-ми классами образовательных организаций различного типа;

p^4 – достоверность различий между 4-ми классами образовательных организаций различного типа.

Результаты оценки динамики распределения детей по группам здоровья свидетельствуют о том, что независимо от типа учебного учреждения за четыре года обучения уровень соматического здоровья учащихся снижается, что наиболее отчетливо выражено в типовых общеобразовательных школах, где каждый десятый ребенок к концу четвертого года обучения имеет третью группу здоровья ($p = 0,001$). В школах инновационного типа, где обучаются дети из семей с более высоким подушевым доходом,

эта тенденция менее выражена, однако и там к моменту окончания начальной школы увеличивается число детей, имеющих вторую группу за счет снижения первой ($p = 0,03$) (табл. 13).

Выводы:

1. Для школьных общеобразовательных учреждений инновационного типа характерен уплотненный режим организации, большая продолжительность и интенсивность учебных занятий, а педагогический процесс сопровождается значительными интеллектуальными, сенсорными и эмоциональными нагрузками. Учащиеся инновационных школьных образовательных организаций имеют высокую занятость в учреждениях дополнительного образования, что существенно увеличивает продолжительность суммарной учебной нагрузки.

2. Большинство учащихся инновационных образовательных организаций адаптированы к условиям реализации учебного процесса, однако к концу учебного года у 20 % лицейцев имеются признаки перенапряжения симпатoadrenalовой системы. Это не только определяет состояние эмоционального тонуса детей, но и является причиной нарушения функции внимания и скорости принятия решений, снижает скорость чтения и артикуляции, удлиняет время моторных реакций.

3. У 15 % учащихся четвертого класса инновационных учебных заведений имеет место повышенная активность вегетативной нервной системы и низкая адаптированность сердечно-сосудистой системы к психоэмоциональным и физическим нагрузкам.

4. У 25 % младших школьников, обучающихся в условиях напряженного и интенсивного образовательного процесса, регистрируются низкие уровни апополипротеина A1 и повышение коэффициента «аполипопротеин B100/аполипопротеин A по A1», что в сочетании с высоким содержанием цГМФ является предиктором развития нарушений жирового обмена и формирования сердечно-сосудистой патологии в старших возрастных группах.

5. Риск развития хронических заболеваний нервной системы, опорно-двигательного аппарата и эндокринной системы у лицейцев до 2,5 раза превышает аналогичный показатель учащихся типовых школ. Доминирующими нозологическими формами патологии являются расстройства вегетативной нервной системы, нарушение осанки и нарушения питания, частота регистрации которых у лицейцев в 1,6–2,9 раза выше.

6. Установлена прямая корреляционная связь повышенной интеллектуальной и сенсорной составляющих образовательного процесса, а также общего показателя напряженности учебного труда с частотой формирования у учащихся расстройств вегетативной нервной системы и заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Список литературы

1. Александрова И.Э., Степанова М.И. Новая шкала трудности учебных предметов как инструмент гигиенической регламентации школьных нагрузок // Здоровье населения и среда обитания. – 2003. – Т. 126, № 9. – С. 21–25.
2. Баранов А.А., Кучма Р.В., Скоблина Н.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий: монография. – М.: Научный центр здоровья детей РАМН, 2008. – 216 с.
3. Безруких М.М., Ефимова С.П., Хромова С.К. Особенности развития познавательных функций у учащихся 9–10 лет, имеющих трудности письма // Образование и воспитание детей и подростков: гигиенические проблемы: материалы всерос. конф. – М.: НО НЦЗД РАМН, 2002. – С. 55–56.
4. Влияние образовательного процесса на физическое развитие школьников / Н.А. Бокарева, О.Ю. Милушкина, Ю.П. Пивоваров, Н.А. Скоблина // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – № 11. – С. 17–19.
5. Влияние расширенного двигательного режима на физическое развитие школьников / О.Ю. Милушкина, Н.А. Бокарева, Н.А. Скоблина, Д.М. Федотов, Г.Н. Дегтева // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2012. – № 6. – С. 50–52.
6. Гигиенические проблемы реформирования школьного образования / М.И. Степанова, Н.Н. Куинджи, А.Г. Ильин, З.И. Сазанюк, И.К. Рапопорт, И.В. Звездина, М.А. Поленова // Гигиена и санитария. – 2000. – № 1. – С. 40–44.
7. Ермаков А.Р., Гришина О.В., Треушников Р.В. О причинах ухудшения состояния образования в России – «вклад» обучаемых // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – Т. 2, № 2. – С. 372.
8. Зорина И.Г. Социально-гигиенический мониторинг факторов среды обитания и состояния здоровья как метод определения приоритетов профилактики в гигиене обучения детей // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 1. – С. 17–18.
9. Каменкова Н.Г., Афонова М.Н., Сироткина Ю.Ю. Анализ возможных подходов к сбережению здоровья младших школьников в процессе обучения в рамках здоровьесберегающей деятельности // Герценовские чтения. Начальное образование. – 2011. – Т. 2, № 2. – С. 181–187.
10. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Степанова М.И. Гигиенические проблемы школьных инноваций: монография. – М.: Научный центр здоровья детей РАМН, 2009. – 240 с.
11. Макунина О.А., Якубовская И.А. Структура и динамика состояния здоровья школьников 7–17 лет // Электронный научно-образовательный вестник: здоровье и образование в 21 веке. – 2015. – Т. 17, № 2. – С. 29–31.
12. Машдиева М.С. Гигиеническая оценка условий обучения по трех- и четырехлетним программам начального образования в средней школе: дис. ... канд. мед. наук. – Ростов н/Д., 2003. – 181 с.
13. Подходы к сохранению здоровья детей в условиях интенсификации образовательного процесса / В.И. Макарова, Г.Н. Дегтева, Н.В. Афанасенкова, Л.И. Кудря // Российский педиатрический журнал. – 2000. – № 3. – С. 34–39.
14. СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902256369> (дата обращения: 18.10.2016).
15. Сравнительный ретроспективный анализ физического и биологического развития школьников Москвы / Р.В. Кучма, Н.А. Скоблина, О.Ю. Милушкина, Н.А. Бокарева // Гигиена и санитария. – 2012. – № 4. – С. 47–52.
16. Степанова М.И. Интерактивная доска: безопасное использование // Школьные технологии. – 2011. – № 2. – С. 128–131.
17. Степанова М.И. О гигиенической экспертизе образовательных программ и технологий // Образование и воспитание детей и подростков: гигиенические проблемы: материалы всерос. конф. – М.: НО НЦЗД РАМН, 2002. – С. 329–331.
18. Сухарев А.Г., Шелонина О.А., Цыренова Н.М. О гигиенической экспертизе технологий обучения школьников // Образование и воспитание детей и подростков: гигиенические проблемы: материалы всерос. конф. – М.: НО НЦЗД РАМН, 2002. – С. 363–364.
19. Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Поленова М.А. Заболеваемость и умственная работоспособность московских школьников // Гигиена и санитария. – 2014. – № 3. – С. 64–67.
20. Теппер Е.А., Таранушенко Т.Е. Анализ здоровья школьников, начавших обучение в разном возрасте // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 3. – С. 42–50.
21. Фаустов А.С., Фураева О.А. Сравнительная гигиеническая оценка обучения учащихся в инновационных и массовых общеобразовательных школах // Образование и воспитание детей и подростков: гигиенические проблемы: материалы всерос. конф. – М.: НО НЦЗД РАМН, 2002. – С. 366–367.
22. ФР-РОШУМЗ-16-2015. Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся: федеральные рекомендации по оказанию медицинской помощи обучающимся. – М., 2015. – 18 с.

23. Фураева О.А., Степкина Н.А. Гигиенические аспекты инновационных технологий обучения в общеобразовательной школе // Гигиеническая наука и практика на рубеже XXI века: материалы IX Всерос. съезда гигиен. и санит. врачей. – М., 2001. – Т. 2. – С. 511–514.

24. Эндокринология: национальное руководство / под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 1112 с.

Риск-ассоциированные нарушения здоровья учащихся начальных классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебного процесса / Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, К.П. Лужетский, О.А. Маклакова, М.А. Землянова, О.В. Долгих, С.В. Клейн, Н.В. Никифорова // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 66–83. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.08

UDC 613.95/97:613.73:371/378

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.08

RISK-ASSOCIATED HEALTH DISORDERS OCCURRING IN JUNIOR SCHOOLCHILDREN WHO ATTEND SCHOOLS WITH HIGHER STRESS AND INTENSITY OF EDUCATIONAL PROCESS

N.V. Zaitseva^{1,2}, O.Yu. Ustinova^{1,2}, K.P. Luzhetskii^{1,2}, O.A. Maklakova^{1,2}, M.A. Zemlyanova^{1,2}, O.V. Dolgikh^{1,2}, S.V. Kleyn^{1,2}, N.V. Nikiforova¹

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

²Perm State National Research University, 15 Bukireva Str., Perm, 614990, Russian Federation

We performed comparative sanitary-hygienic assessment of regime, stress and intensity of educational process in different educational establishments, a comprehensive secondary school and an innovative educational establishment - lyceum. We detected that studying regime tended to be tight, classes were longer and more intense than in an ordinary school, and educational process involved considerable intellectual, sensory and emotional loads for children; such loads reached "1st category intense" level. Schoolchildren attending lyceums are also busy with additional educational programs and it significantly increases length of total educational load on them. By the end of a school year 20% of lyceum pupils suffer from sympathoadrenal system overstress and it doesn't only determine emotional tonus level in children but also leads to disorders in concentration and decision-making speed, lower reading speed and articulation, slower motor reactions. 15% of lyceum pupils have higher activity of autonomous nervous system and lower adaptation of cardiovascular system to psycho-emotional and physical loads. Lyceum pupils also run 2.5 times higher risk of chronic nervous system diseases involvement than school children attending ordinary schools. Autonomous nervous system disorders, posture disorders and nutrition disorders are predominant nosologic pathology forms in lyceum pupils as they occur in them 1.6-2.9 times more frequent than in schoolchildren of the same age who attend an ordinary comprehensive school. We detected direct correlation between higher intellectual and emotional components of educational process, and total educational intensity as well, and frequency of autonomous system disorders and musculoskeletal system diseases in pupils.

Key words: children, educational process, elementary school, regime, intensity and stress risk-associated health disorders, nosologic pathology forms.

© Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Luzhetskii K.P., Maklakova O.A., Zemlyanova M.A., Dolgikh O.V., Kleyn S.V., Nikiforova N.V., 2017

Nina V. Zaitseva – Member of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 233-11-25).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medicine, Professor, Deputy Director for medical work (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64).

Konstantin P. Luzhetskii – candidate of medical sciences, head of the clinic eco-dependent and production-caused pathologies, Associate Professor of the Department of Human Ecology and Life Safety (e-mail: nemo@fcrisk.ru; tel.: + 7 (342) 236-80-98).

Olga A. Maklakova – Candidate of Medical Science, Head of Outpatient Department (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92).

Marina A. Zemlyanova – Doctor of Medical Sciences, Professor, head of the department of biochemical and cytogenetic diagnostic methods, Professor of Human Ecology and Life Safety (e-mail: zem@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30).

Oleg V. Dolgikh – Doctor of Medicine, Professor, Head of Department of immunobiological diagnostic methods, Professor of Human Ecology and Life Safety (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel.: + 7 (342) 236-39-30).

Svetlana V. Kleyn – Candidate of Medical Science, Associate Professor of Human Ecology and Life Safety (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04).

Nadezhda V. Nikiforova – Researcher (e-mail: kriulina@fcrisk.ru; tel.:+7 (342) 237-18-04).

References

1. Aleksandrova I.E., Stepanova M.I. Novaya shkala trudnosti uchebnykh predmetov kak instrument gigienicheskoi reglamentatsii shkol'nykh nagruzok [A new scale of school subject difficulty as a tool for hygienic regulation of school loads]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2003, no. 9, pp. 21–25 (in Russian).
2. Baranov A.A., Kuchma R.V., Skoblina N.A. Fizicheskoe razvitiye detei i podrostkov na rubezhe tysyachetletii: monografiya [Physical growth and development of children and teenagers on the brink of millenniums: monograph]. Moscow, Izdatel' Nauchnyi tsentr zdorov'ya detei RAMN Publ., 2008, 216 p. (in Russian).
3. Bezrukikh M.M., Efimova S.P., Khromova S.K. Osobennosti razvitiya poznatel'nykh funktsii u uchashchikhsya 9-10 let, imeyushchikh trudnosti pis'ma [Peculiarities of cognitive functions development in schoolchildren aged 9-10 having difficulty with writing]. *Obrazovanie i vospitanie detei i podrostkov: gigienicheskie problemy: materialy Vseross. konf.* [Education and upbringing of children and teenagers: hygienic issues: Materials of all-Russia conference.]. Moscow, NO NTsZD RAMN Publ., 2002, pp.55–56 (in Russian).
4. Bokareva N.A., Milushkina O.Yu., Pivovarov Yu.P., Skoblina N.A. Vliyanie obrazovatel'nogo protsessa na fizicheskoe razvitiye shkol'nikov [The influence of educational process on the physical development of schoolchildren]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2015, no. 11, pp. 17–19 (in Russian).
5. Milushkina O.Yu., Bokareva N.A., Skoblina N.A., Fedotov D.M., Degteva G.N. Vliyanie rasshirenogo dvigatel'nogo rezhima na fizicheskoe razvitiye shkol'nikov [Influence exerted by enhanced motor regime on schoolchildren's physical development]. *Fizicheskaya kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka*, 2012, no. 6, pp. 50–52 (in Russian).
6. Stepanova M.I., Kuindzhi N.N., Il'in A.G., Sazanyuk Z.I., Rapoport I.K., Zvezdina I.V., Polenova M.A. Gigienicheskie problemy reformirovaniya shkol'nogo obrazovaniya. *Gigiena i sanitariya*, 2000, no. 1, pp.40–44 (in Russian).
7. Ermakov A.R., Grishina O.V., Treushnikov R.V. O prichinakh ukhudsheniya sostoyaniya obrazovaniya v Rossii – «vklad» obuchaemykh [On the causes of the deterioration of education in Russia – contribution of learners]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, vol. 2, no. 2, pp. 372 (in Russian).
8. Zorina I.G. Sotsial'no-gigienicheskii monitoring faktorov sredy obitaniya i sostoyaniya zdorov'ya kak metod opredeleniya prioriteto profilaktiki v gigiene obucheniya detei [The social and hygienic monitoring of environmental factors and health status as a method of prioritizing preventative health education for school children]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 1, pp. 17–18 (in Russian).
9. Kamenkova N.G., Afonova M.N., Sirotkina Yu.Yu. Analiz vozmozhnykh podkhodov k sberezeniyu zdorov'ya mladshikh shkol'nikov v protsesse obucheniya v ramkakh zdorov'e-sberegayushchei deyatel'nosti [Analyzing possible approaches to preservation of junior schoolchildren's health during educational processes within the frameworks of health-preserving activities]. *Gertsenovskie chteniya. Nachal'noe obrazovanie*, 2011, vol. 2, no. 2, pp. 181–187 (in Russian).
10. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Stepanova M.I. Gigienicheskie problemy shkol'nykh innovatsii: monografiya [Hygienic issues of school innovations: monograph]. Moscow, Nauchnyi tsentr zdorov'ya detei RAMN Publ., 2009, 240 p. (in Russian).
11. Makunina O.A., Yakubovskaya I.A. Struktura i dinamika sostoyaniya zdorov'ya shkol'nikov 7-17 let [Structure and dynamics of the health of schoolchildren 7–17 years]. *Elektronnyi nauchno-obrazovatel'nyi vestnik: zdorov'e i obrazovanie v 21 veke*, 2015, vol.17, no. 2, pp. 29–31(in Russian).
12. Mashdieva M.S. Gigienicheskaya otsenka uslovii obucheniya po trekh- i chetyrekhletnim programmam nachal'nogo obrazovaniya v srednei shkole: dis. . kand. med. nauk [Hygienic assessment of training conditions as per 3- and 4-year-long elementary school programs in a secondary school: Thesis. ... candidate of medical sciences]. Rostov-na-Donu, 2003, 181 p. (in Russian).
13. Makarova V.I., Degteva G.N., Afanasenkova N.V., Kudrya L.I. Podkhody k sokhraneniyu zdorov'ya detei v usloviyakh intensivatsii obrazovatel'nogo protsessa [Approaches to children's health preservations at intensified educational process]. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*, 2000, no. 3, pp. 34–39 (in Russian).
14. SanPiN 2.4.2.2821-10. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k usloviyam i organizatsii obucheniya v obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902256369> (18.10.2016) (in Russian).
15. Kuchma R.V., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu., Bokareva N.A. Sravnitel'nyi retrospektivnyi analiz fizicheskogo i biologicheskogo razvitiya shkol'nikov Moskvy [Comparative analysis of physical and biological development of schoolchildren in Moscow]. *Gigiena i sanitariya*, 2012, no. 4, pp. 47–52 (in Russian).
16. Stepanova M.I. Interaktivnaya doska: bezopasnoe ispol'zovanie [Interactive whiteboard: the safe use]. *Shkol'nye tekhnologii*, 2011, no. 2, pp. 128–131(in Russian).
17. Stepanova M.I. O gigienicheskoi ekspertize obrazovatel'nykh programm i tekhnologii [On hygienic examination of educational programs and technologies]. *Obrazovanie i vospitanie detei i podrostkov: gigienicheskie problemy: materialy Vseross. konf.* [Education and upbringing of children and teenagers: hygienic issues: Materials of all-Russia conference.]. Moscow, NO NTsZD RAMN Publ., 2002, pp. 329–331(in Russian).
18. Sukharev A.G., Shelonina O.A., Tsyrenova N.M. O gigienicheskoi ekspertize tekhnologii obucheniya shkol'nikov [On hygienic examination of school education technologie]. *Obrazovanie i vospitanie detei i podrostkov:*

gigienicheskie problemy: materialy Vseross. konf.[Education and upbringing of children and teenagers: hygienic issues: Materials of all-Russia conference..]. Moscow, NO NTsZD RAMN Publ., 2002, pp. 363–364 (in Russian).

19. Sukhareva L.M., Rappoport I.K., Polenova M.A. Zabolevaemost' i umstvennaya rabotosposobnost' moskovskikh shkol'nikov [Morbidity rate and mental capacity of moscow schoolchildren (longitudinal study)]. *Gigiena i sanitariya*, 2014, no. 3, pp. 64–67 (in Russian).

20. Tepper E.A., Taranushenko T.E. Analiz zdorov'ya shkol'nikov, nachavshikh obuchenie v raznom vozraste [The analysis of health conditions of schoolchildren started the education process in various age]. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2013, no. 3, pp. 42–50 (in Russian).

21. Faustov A.S., Furaeva O.A. Sravnitel'naya higienicheskaya otsenka obucheniya uchashchikhsya v innovatsionnykh i massovykh obshcheobrazovatel'nykh shkolakh [Comparative hygienic assessment of educational process in innovative schools and mass comprehensive secondary schools]. *Obrazovanie i vospitanie detei i podrostkov: higienicheskie problemy: materialy Vseross. konf.[Education and upbringing of children and teenagers: hygienic issues: Materials of all-Russia conference..].* Moscow, NO NTsZD RAMN Publ., 2002, pp. 366–367 (in Russian).

22. FR-ROShUMZ-16-2015. Gigienicheskaya otsenka napryazhennosti uchebnoi deyatel'nosti obuchayushchikhsya: Federal'nye Rekomendatsii po okazaniyu meditsinskoi pomoshchi obuchayushchimsya [FR- ROShUMZ -16-2015. Hygienic assessment of educational stress for schoolchildren: Federal Recommendations on providing medical care for pupils]. Moscow, 2015, 18 p. (in Russian).

23. Furaeva O.A., Stepkina N.A. Gigienicheskie aspekty innovatsionnykh tekhnologii obucheniya v obshcheobrazovatel'noi shkole [Hygienic aspects of innovative education technologies in a comprehensive secondary school]. *Gigienicheskaya nauka i praktika na rubezhe XXI veka: materialy IX Vseross. s"ezda higien, i sanit. vrachei [Hygienic theory and practice on the brink of XXI century: materials of IX all-Russia congress of hygienic and sanitary physicians].* Moscow, 2001, vol. 2, pp. 511–514 (in Russian).

24. Endokrinologiya: natsional'noe rukovodstvo [Endocrinology. National guidance]. In: I.I. Dedova, G.A. Mel'nikhenko, eds., 2-e izd., pererab. i dop. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2016, 1112 p. (in Russian).

Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Luzhetskii K.P., Maklakova O.A., Zemlyanova M.A., Dolgikh O.V., Kleyn S.V., Nikiforova N.V. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 66–83. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.08.eng

Получена: 16.11.2016

Принята: 02.03.2017

Опубликована: 30.03.2017

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РИСКОВ В ОТНОШЕНИИ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Т.Н. Говязина, Ю.А. Уточкин

Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,
Россия, 614000 г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

Объектом исследования являлись студенты шести курсов медико-профилактического факультета Пермского государственного медицинского университета им. академика Е.А. Вагнера. Целью исследования стало изучение и оценка основных поведенческих рисков формирования здоровья студентов медицинского вуза. В работе использован комплекс методов: информационно-библиографический (изучено 15 источников периодической печати, монографии), социологический (путем одномоментного анкетирования опрошено 467 студентов медико-профилактического факультета, вся генеральная совокупность), статистический (рассчитаны относительные и средние величины, коэффициенты корреляции).

Исследование носит двухэтапный характер: I этап основан на анализе субъективных данных – результатах социологического опроса, а на II этапе будет изучено патологическое поражение по данным профилактических медицинских осмотров, а также заболеваемость по обращаемости в студенческую поликлинику.

Здоровье студентов является значимым показателем состояния интеллектуального потенциала общества, удельный вес студентов – юношей и девушек, заботящихся о своем здоровье, составляет 60,0 и 96,5 % соответственно; 100 % опрошенных девушек и 58,3 % молодых людей оценивают свое здоровье как «хорошее». Существуют гендерные различия оценки состояния своего здоровья по всем подгруппам и по мотивам его сохранения; 45,0 % юношей и 40,0 % девушек с самой различной самооценкой здоровья сочетают учебу с работой. Студентам присущи вредные привычки: постоянное употребление алкоголя и курение. Несмотря на доступность и значительный объем информации по профилактике заболеваний, студенты не стремятся ими воспользоваться и сохранить свое здоровье. Основными проблемами образа жизни студентов-медиков стали нерациональное питание, недостаточная физическая, социальная и медицинская активность.

Ключевые слова: самооценка здоровья, студенты, факторы риска, питание, совмещение работы и учебы, образ жизни, медицинская активность, организация медицинской помощи, профилактика, программа охраны здоровья, управление.

В российских вузах в 2014 г. обучалось 5,2 млн студентов, из них 2,0 млн за счет бюджетных средств. В государственных и муниципальных учреждениях – 4,0 млн студентов [8].

Высшее учебное заведение как социальный институт призвано формировать компетентного специалиста, который должен иметь хорошее физическое и психическое здоровье. Студенчество – не только составная часть такой общности, как молодежь, но и интеллектуальный потенциал всего общества.

Чем выше значимость высшего профессионального образования, тем чаще возникают и острее проявляются его проблемы. Это и трудоустройство выпускников (поэтому в вузах появилась должность «проректор по вопросам

трудоустройства»), и создание семьи, и здоровье будущих специалистов. Уровень здоровья студенческой молодежи может быть прогнозом качества жизни трудоспособного населения конкретного региона.

Все значимые для здоровья студентов факторы подразделяются на три группы: 1) социально-гигиенические; 2) медико-биологические; 3) психологические.

Для обоснования каких-либо управленческих решений, например создание здоровьесберегающих программ в вузе, необходимо изучить основные показатели здоровья студентов – заболеваемость (по обращаемости и по данным медицинских осмотров), инвалидность, медико-демографические показатели и физическое развитие [15].

© Говязина Т.Н., Уточкин Ю.А., 2017

Говязина Татьяна Николаевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения (e-mail: super.oziz@yandex.ru; тел.: 8 (342) 233-23-36).

Уточкин Юрий Анатольевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения (e-mail: super.oziz@yandex.ru; тел.: 8 (342) 233-23-36).

Важным параметром здоровья человека является самооценка его здоровья. У студентов медицинского вуза, где в процессе обучения большое значение придается вопросам профилактики заболеваний среди населения (пациентов), очень важно формировать позитивное самосохранительное поведение.

Студенчество, как и все население Российской Федерации, не воспринимает свое здоровье как базовую ценность. Самооценка здоровья (СЗ) представляет собой анализ физического, психического состояния и определяет поведение человека. Исследователь И.В. Журавлева с соавт. [5, 6] утверждает, что самооценка может использоваться в качестве показателя здоровья. Исследователи говорят о высокой взаимосвязи самооценки с реальными фактическими данными медицинских документов.

Учебная нагрузка студентов медицинских вузов в среднем в два раза выше, чем у студентов других учебных заведений. Длительность и специфика обучения предъявляют высокие требования к состоянию их здоровья.

Самооценка здоровья может зависеть от следующих факторов: пола, возраста, образовательного статуса, территории проживания, профессии, социально-экономических условий региона [9, 10]

Все социально-гигиенические исследования проблем студенчества в нашей стране Д.И. Кича и М.И. Паначина подразделяют на четыре этапа:

I этап. 20–30-е гг. XX в. – создание организационных и методических основ исследований студентов;

II этап. В 40–50-е гг. – изучение и установление стандартов физического развития молодежи;

III этап. В 60–80-е гг. стали изучаться образ жизни, питание и заболеваемость студентов;

IV этап. С начала 90-х гг. характеризуется значительным количеством работ по изучению здоровья и, особенно, физического развития [7].

В настоящее время все исследования нацелены не только на изучение факторов риска, но и на обоснование программ по охране здоровья студентов.

Изучение материалов по исследованию здоровья обучающихся вузов позволило установить определенные закономерности:

- при поступлении в вуз абитуриенты уже имеют одно или несколько хронических заболеваний;

- студентам присущ пассивный характер самосохранительного поведения, они недооце-

нивают влияние на организм наркотиков, курения, алкоголя [3, 12, 14];

- одним из важнейших факторов, способствующих сохранению здоровья, является рациональная адаптация к студенческой жизни;

- в структуре заболеваемости по обращаемости в медицинские организации (МО) первые ранговые места занимают болезни органов дыхания, заболевания нервной системы и органов чувств, болезни мочеполовой системы [4, 11];

- большинство исследователей считает, что здоровье студентов недостаточно изучено (наблюдается отсутствие достоверной статистики в МО, и исследования проходят на региональном и локальном уровнях) [2];

- в настоящее время (в период социально-экономической нестабильности) отмечается рост асоциального поведения, которое проявляется в употреблении наркотиков и алкоголя, а также в возрастании уровня заболеваний, передающихся половым путем [1];

- значительная доля видов заболеваний определяются образом жизни людей, и позитивные черты самосохранительного режима (отказ от вредных привычек) являются барьером успешной социализации в студенческой среде [5];

- существует несколько причин невыхода студентов на учебу по болезни: 1) простудные заболевания (69,3 %); 2) травмы (7,7 %); 3) заболевания органов пищеварения (3,6 %); помимо этого ежегодно увеличивается число студентов, отнесенных к специальной медицинской группе по занятиям физкультурой [4];

- увеличивается удельный вес студентов, обучающихся в вузах, имеющих инвалидность по причине «инвалиды детства»;

- в вузах создаются программы по профилактике заболеваемости студентов, в обучении используются здоровьесберегающие технологии [13].

Даже краткий анализ работ, посвященных изучению здоровья студентов, свидетельствует о том, что тема настоящего исследования актуальна.

Материалы и методы. В ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А.Вагнера» Минздрава России на 01.01.2017 г. обучается 3568 студентов.

Объектом нашего исследования явились студенты медико-профилактического факультета (МПФ) – 467 человек. Что составляет 13,08 % от числа всех обучающихся вузе (выборка достоверна). Нами была составлена программа ис-

следования в виде анкеты. Основная часть вопросов направлена на изучение самооценки здоровья студентов, а также на определение и получение характеристики поведенческих рисков его формирования.

Мы провели пилотное исследование. Нами было опрошено 77 студентов III курса МПФ, что составило 93,9 %. Собрано и обработано 77 анкет по программе Biostat. Выборка составила 16,48 % от числа студентов всего факультета, что обеспечивает ее репрезентативность. В опросе приняли участие 20 юношей и 57 девушек. Соотношение по полу составляет 1:2,85. Такое соотношение характерно для всех курсов этого факультета. Среднее число студентов по курсам равно 77, что также обеспечивает достаточность выборки.

Все опрошенные были разделены на две группы: 1) заботящиеся о своем здоровье; 2) не заботящиеся о своем здоровье. Каждая из указанных групп состояла из четырех подгрупп, в зависимости от их самооценки здоровья:

- с «хорошим»,
- с «удовлетворительным»,
- с «плохим»,
- с ответом «трудно сказать».

Результаты и их обсуждение. Для интерпретации полученных результатов мы проанализировали отношение студентов к своему здоровью с учетом различий по группам и подгруппам. Удельный вес респондентов – юношей и девушек, заботящихся о своем здоровье, составляет 60,0 и 96,5 % соответственно. Удельный вес юношей, заботящихся о своем здоровье, в 1,6 раза меньше, чем девушек. Юноши оценивают свое здоровье как «хорошее» в 58,3 % случаев, как «удовлетворительное» – в 16,7 %, как «плохое» – 0 % случаев. Затрудняется с ответом о самооценке здоровья каждый четвертый студент. Все девушки-респонденты заботятся о своем здоровье.

Оценка из группы, *не заботящихся* о своем здоровье, среди юношей такова: «хорошее» – 0 %, «удовлетворительное» – 75,0 %, «плохое» – 25,0 %.

Структура девушек-респондентов, которые *заботятся* о своем здоровье, представлена следующим образом: 47,3 % опрошенных оценивают свое здоровье как «хорошее» и «удовлетворительное», 5,5 % – затрудняются с ответом, оценки «плохое» нет. Данные сведены в табл. 1.

Полученные данные свидетельствуют о гендерных различиях в самооценке здоровья. Это говорит о традиционно завышенной самооценке у мужчин. Полученные нами результаты согласуются с данными других авторов [5].

Таблица 1

Распределение студентов III курса МПФ по отношению к своему здоровью, по его самооценке и по полу (%)

Самооценка здоровья	Пол	Заботящиеся о своем здоровье	Не заботящиеся о своем здоровье
«Хорошее»	Юноши	58,3	0
	Девушки	47,3	0
«Удовлетворительное»	Юноши	16,7	75,0
	Девушки	47,3	0
«Плохое»	Юноши	0	25,0
	Девушки	0	0
«Затруднились с ответом»	Юноши	25,0	0
	Девушки	5,4	0

Первой и основной причиной, по которой все студенты заботятся о своем здоровье, является желание быть физически сильнее (у юношей – 41,7 %, у девушек – 43,7 %). У девушек второй причиной является ухудшение здоровья (27,3 %), третьей – воздействие медицинской информации.

Респонденты-юноши, которые не заботятся о своем здоровье, выделяют несколько причин:

- нежелание себя чем-то ограничивать (25,0 %);
- уверенность, что никакие заботы не гарантируют хорошего здоровья (25,0 %);
- отсутствие времени (25,0 %);
- другие причины (25,0 %).

Стоит отметить, что все опрошенные студенты уже имеют представление о факторах влияния внешней среды на здоровье (из курса общей гигиены). Так, многие юноши считают, что в большей степени на здоровье влияют факторы природной среды и усилия самого человека. О вредных привычках говорят только единицы.

Из ответов девушек следует, что здоровье формируется в первую очередь под воздействием условий жизни (38,6 %) и наследственности (19,3 %), и каждая пятая указывает на вредные привычки.

Опрос показал, что 45 % студентов и 40 % студентов III курса с самой различной самооценкой здоровья сочетают учебу с работой; 44,4 % респондентов-юношей и 29,2 % девушек ответили, что их работа содержит элементы умственного и физического характера. Это те студенты, которые входят в группы с «хорошей» и «удовлетворительной» самооценкой здоровья.

Часто нервничают и устают на работе юноши с самооценкой здоровья «хорошее» – в 22,2 % случаев, а юноши самооценкой здоровья «удовлетворительное» – в 33,3 % случаев.

Студентки же испытывают значительно большее напряжение на работе. Так, девушки с самооценкой здоровья «хорошее» усталость отмечают в 50 % случаев, а с самооценкой здоровья «удовлетворительное» – в 16 %.

Нами установлено, что существует определенная зависимость у респондентов между самооценкой здоровья и наличием вредных привычек. Курит 20 % студентов и 9 % студенток. У юношей по мере ухудшения самооценки здоровья растет число курящих (от 5 % – с «хорошей» до 10 % – с «удовлетворительной»). У девушек, наоборот, наблюдаем снижение с 5,2 % («хорошее») до 3,5 % («удовлетворительное»).

Никто из опрошенных в настоящее время не употребляет наркотики. Часть респондентов гипотетически подвергаются наркотической опасности, так как имеют знакомство с потребителями наркотиков или у них раньше был опыт употребления психоактивных веществ (ПАВ). Обращает на себя внимание то, что студенты часто употребляют алкогольные напитки (вино, пиво и крепкие алкогольные напитки) – 90,0 % юношей и 78,9 % девушек.

Следует сказать и о позитивных факторах, формирующих здоровье респондентов. Так, 90,0 % юношей и 93,0 % девушек занимаются физической культурой:

- ежедневно – 10,0 % юношей и 12,3 % девушек;
- часто – 35,0 и 22,8 % соответственно;
- иногда – 45,0 и 57,9 % соответственно;
- никогда – 10,0 и 7,0 % соответственно.

На кафедре физической культуры все студенты III курса после проведения ежегодного медицинского осмотра были разделены на три группы в зависимости от состояния здоровья: в I (основной) занимаются 53,9 % юношей и 58,3 % девушек; во II группе – 23,1 и 20,0 %; в III группе – 23,1 и 21,0 %. Распределение студентов по группам совпадает с самооценкой.

Обучение в высшей школе, особенно в медицинской, всегда сопровождается большой умственной, физической и эмоциональной нагрузкой. Опрос показал, что юноши и девушки испытывают негативные эмоции:

- ежедневно – 25,0 % юношей и 8,8 % девушек;
- часто – 15,0 и 19,3 % соответственно;
- иногда – 60,0 и 64,9 % соответственно;
- никогда – 0,0 и 7,0 % соответственно.

Переживание негативных эмоций приводит к стрессу, что влияет на здоровье. Юноши-

студенты ежедневно испытывают стресс, причем в три раза чаще, чем девушки.

Для достижения успеха в жизни юноши на первое место ставят такие ценности, как материальный достаток, сила характера, способности и талант, второе место отдают удаче и образованию, третье место – здоровью.

Девушки на первое место ставят силу характера, на второе место – поддержку близких и родных, на третье – здоровье.

И у юношей, и у девушек первое место принадлежит силе характера. Этот фактор очень важен для студентов, обучающихся в медицинском вузе в современных условиях. Без силы характера и приложения значительных усилий успешное обучение невозможно. Без успеха в учебе невозможно бесплатное бюджетное обучение. Здоровью как ценности студенты отдают только третье место.

Из опроса следует, что студенты хотели бы получать достоверную информацию, которая поможет сохранить и укрепить их здоровье (табл. 2).

Таблица 2

Интерес к информации по укреплению
здоровья студентов по видам, полу
в ранговом порядке

Вид информации	Юноши	Девушки
Правильное питание	1	1
Психология общения и профилактика стресса	2	3
Здоровый образ жизни	3	2
Защита от неблагоприятных факторов	4	5
Профилактика болезней системы кровообращения	5	6
Факторы риска для вашего здоровья	6	4

Существуют общие черты в потребности получения знаний у юношей и девушек. Например, для всех студентов важна организация правильного питания в зависимости от их возраста, пола, энергетических затрат. Эта информация изучается в полном объеме в курсе дисциплины «Гигиена питания» на пятом и шестом годах обучения. Самостоятельно организовать поиск этой информации при повсеместной компьютеризации студентам, по-видимому, лень, а обратиться за помощью в центр медицинской профилактики города с целью получения индивидуальной консультации нет времени или желания. То есть налицо низкая медицинская активность респондентов.

Таблица 3

Состав профилактических мероприятий, используемых студентами для укрепления здоровья, в зависимости от пола (%)

Мероприятия по профилактике заболеваний	Юноши	Девушки
Самостоятельное обращение к врачам в поликлинику с целью профилактического осмотра, консультации, диспансеризации,	25,0	25,0
Прием витаминов в зимне-весенний период	40,0	70,0
Профилактические мероприятия в отношении гриппа (вакцинация, прием витаминов, ношение масок, интенсивное проветривание жилых помещений)	50,0	50,0
Профилактика обострений хронических заболеваний	35,0	28,0

Подобным образом респонденты, независимо от уровня здоровья, интересуются психологией общения и профилактикой стресса. Это объясняется значительным уровнем учебной нагрузки и продолжающейся адаптацией у студентов III курса. Все опрошенные, независимо от пола и самооценки здоровья, нуждаются в информации по вопросам формирования и поддержания здорового образа жизни, в профилактике болезней системы кровообращения и организации защиты от неблагоприятных экологических факторов.

Опрос показывает, что потребность в знаниях по сохранению здоровья многоаспектна и сформирована осознанно. Студенты самостоятельно принимают определенные меры по профилактике заболеваний (табл. 3).

Выводы. Изучение литературы по теме исследования и проведенное нами пилотное анкетирование студентов III курса медико-профилактического факультета свидетельствуют о следующем:

– здоровье студентов является значимым показателем состояния интеллектуального потенциала общества;

– удельный вес студентов – юношей и девушек, заботящихся о своем здоровье, составляет 60,0 и 96,5 % соответственно;

– самооценка здоровья юношами и девушками как «хорошее» составляет 58,3 и 100,0 % соответственно;

– существуют гендерные различия оценки состояния своего здоровья по всем подгруппам и по мотивам его сохранения;

– 45,0 % юношей и 40,0 % девушек с самой различной самооценкой здоровья сочетают учебу с работой;

– студентам присущи вредные привычки – постоянное употребление алкоголя, курение;

– несмотря на доступность и значительный объем информации по профилактике заболеваний, студенты не стремятся ею воспользоваться и сохранить свое здоровье;

– основными проблемами образа жизни студентов-медиков стали нерациональное питание, недостаточная физическая и медицинская активность.

Список литературы

1. Андриянова О.В. Организация работы по формированию здорового образа жизни и медицинской профилактике в Свердловской области // Системная интеграция в здравоохранении: электронный журнал. – 2011. – № 2. – С. 49–66.
2. Артюхов И.П., Яковлев Т.В. Крас ГМУ – вуз здорового образа жизни: научный проект. – Красноярск, 2011. – 156 с.
3. Валентинович Л.И., Домрачев Е.О. Социально-гигиеническая характеристика студентов медицинского колледжа // Профилактическая медицина. – 2010. – № 3 – С. 59–62.
4. Здоровье детей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях / В.Д. Медведков, Н.И. Медведкова, С.В. Аширова, И.В. Сильдушкин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2010. – № 2. – С. 68–72.
5. Здоровье студентов: социологический анализ / отв. ред. И.В.Журавлева; Институт социологии РАН. – М., 2012 – С. 252.
6. Картышева С.И., Попова О.А., Грошева Е.С. Самооценка здоровья и образа жизни студентов педагогического университета // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 9. – С. 18–20.
7. Кича Д.И., Паначина М.И. История социально-гигиенических исследований студентов // Советское здравоохранение. – 1987. – № 7. – С. 63–66.
8. Клячко Т. Высшее образование: больше, лучше или дешевле [Электронный ресурс] // Демоскоп. – 1–24 января, 2016. – № 669–670. – URL: <http://demoscope.ru/weekly/2016/0669/tema01.php> (дата обращения: 12.10.2016).
9. Лебедева Н.М., Осипова Е.В. Взаимосвязь социокультурного контекста и мотивации личности с поведением и установками студентов по отношению к своему здоровью // Альманах современной науки и образования. – 2011. – № 5. – С. 97–106.

10. Миронов С.В. Состояние здоровья российских и иностранных студентов медицинского вуза и пути улучшения медицинского обслуживания: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2014. – 26 с.
11. Миронов С.В., Иванов А.А. Медико-социальное исследование самооценки здоровья и образа жизни студентов высшего медицинского учебного заведения // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. – 2011. – № 1. – С. 241–242.
12. Осипова Е.В. Социокультурные различия мотивации здоровьесберегающего поведения: дис. ... канд. псих. наук. – М., 2011. – 226 с.
13. Проскурякова Л.А., Лобыкина Е.Н., Бурнышева Т.В. Структура программного комплекса «Здоровье студентов» и его значение в поддержке их здоровья (на примере Юга Кузбасса) // Здравоохранение Российской Федерации. – 2016. – Т. 60, № 1. – С. 53–55.
14. Распространенность курения среди медицинских работников / М.С. Гурьянов, И.А. Камаев, А.А. Иванов, С.В. Миронов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. – 2009. – № 4. – С. 511–515.
15. Социологическое изучение здоровья и образа жизни студентов медицинской академии / И.А. Камаев, М.С. Гурьянов, С.В. Миронов, А.А. Иванов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2010. – № 1. – С. 24–27.

Говязина Т.Н., Уточкин Ю.А. Оценка основных поведенческих рисков в отношении здоровья студентов медицинского университета // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 84–90. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.09

UDC 613.81/: 84-057.875: [61: 378.6
DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.09.eng

ASSESSMENT OF BASIC BEHAVIOURAL RISKS CONCERNING HEALTH OF STUDENTS ATTENDING MEDICAL UNIVERSITY

T.N. Govyazina, Yu.A. Utochkin

Perm State Medical University named after E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Str., Perm, 614000, Russian Federation

We chose students from all the six years attending Medical and Prevention Faculty of Perm State Medical University named after academician E.A. Vagner as our research object. Our research goal was to examine and to assess basic behavioral risks which could cause health risks for students attending medical higher educational establishment. We applied a set of techniques in our work: information-bibliographic one (15 literature sources were studied, both periodicals and monographs), sociological one (467 students of Medical and Prevention Faculty were included into a one-time questioning, them all being an entire assembly), statistic one (we calculated relative values and mean values, as well as correlation coefficients). The research was performed in two steps; the first one was based on analyzing subjective evidence, namely, sociologic questioning results; in our second step we focused on examining pathologic damages as per medical examinations data as well as data on morbidity obtained from register of visits to a students' polyclinic.

Students' health is a significant parameter of a society intellectual potential; specific weight of students, both males and females, who take care of their health amounts to 60.0 % and 96.5 % correspondingly. 100 % questioned girls and 58.3 % boys consider their health to be "good". There are gender-based discrepancies in estimating one's health state in all sub-groups and as per all reasons for its preservation. 45 % boys and 40 % girls with quite different self-estimation of their health combine work and study. Students tend to have bad habits as they constantly drink alcohol and smoke. Despite availability of considerable volumes of information on diseases prevention students don't try to use this information and preserve their health. Medical students' lifestyle has such peculiarities as non-rational nutrition, insufficient physical, social and medical activity.

Key words: *self-estimation of one's health, students, risk factors, nutrition, combining work and study, lifestyle, medical activity, medical aid organization, prevention, healthcare program, management.*

© Govyazina T.N., Utochkin Yu.A., 2017

Tatyana N. Govyazina – Candidate of Medical Sciences, associate professor at Public Health and Healthcare Department (e-mail: super.oziz@yandex.ru; tel.: +7 (342) 233-23-36).

Yuriy A. Utochkin – Candidate of Medical Sciences, associate professor at Public Health and Healthcare Department (e-mail: super.oziz@yandex.ru; tel.: +7 (342) 233-23-36).

References

1. Andriyanova O.V. Organizatsiya raboty po formirovaniyu zdorovogo obraza zhizni i meditsinskoj profilaktike v Sverdlovskoi oblasti [Organizing activities aimed at forming healthy lifestyle and medical prevention in Sverdlovsk region]. *Sistemnaya integratsiya v zdavookhraneni: elektronnyi zhurnal*, 2011, no. 2, pp. 49–66 (in Russian).
2. Artyukhov I.P., Yakovlev T.V. KrasGMU – VUZ zdorovogo obraza zhizni, nauchnyi proekt [KrasSMU – University of the healthy lifestyle, research project]. Krasnoyarsk, 2011, 156 p. (in Russian).
3. Valentinovich L.I., Domrachev E.O. Sotsial'no-gigienicheskaya kharakteristika studentov meditsinskogo kolledzha [Social and hygienic characteristics of students attending medical college]. *Profilakticheskaya meditsina*, 2010, no. 3, pp. 59–62 (in Russian).
4. Medvedkov V.D., Medvedkova N.I., Ashirova S.V., Sil'dushkin I.V. Zdorov'e detei, prozhivayushchikh na ekologicheski neblagopriyatnykh territoriyakh [Health of children living in environmentally adverse territories]. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoi kul'tury i sporta*, 2010, no. 2, pp. 68–72 (in Russian).
5. Zdorov'e studentov: sotsiologicheskii analiz [Students' health: sociological analysis]. In: I.V. Zhuravleva ed. Institut sotsiologii RAN. Moscow, 2012, 252 p. (in Russian).
6. Kartysheva S.I., Popova O.A., Grosheva E.S. Samootsenka zdorov'ya i obraza zhizni studentov pedagogicheskogo universiteta [Self-assessment of health status and lifestyle among students of pedagogical university]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 9, pp. 18–20 (in Russian).
7. Kicha D.I., Panachina M.I. Istoriya sotsial'no-gigienicheskikh issledovaniy studentov [Students: history of social and hygienic examination]. *Sovetskoe zdavookhranenie*, 1987, no. 7, pp. 63–66 (in Russian).
8. Klyachko T. Vysshee obrazovanie: bol'she, luchshe ili deshevle [Higher education: more, better or cheaper]. *Demoskop*, 1–24 Jan, 2016, no. 669–670. Available at: <http://demoscope.ru/weekly/2016/0669/tema01.php> (12.10.2016) (in Russian).
9. Lebedeva N.M., Osipova E.V. Vzaimosvyaz' sotsiokul'turnogo konteksta i motivatsii lichnosti s povedeniem i ustanovkami studentov po otnosheniyu k svoemu zdorov'yu [Correlation between social-cultural context, personal motivation and students' behavior and attitudes towards their health]. *Al'manakh sovremennoi nauki i obrazovaniya*, 2011, no. 5, pp. 97–106 (in Russian).
10. Mironov S.V. Sostoyanie zdorov'ya rossiiskikh i inostrannykh studentov meditsinskogo VUZa i puti uluchsheniya meditsinskogo obsluzhivaniya: avtoref. dis. ... kand.med.nauk [Health state of Russian and foreign students attending medical HEE and ways to improve their medical care: abstract of a thesis ... candidate of medical sciences]. Moscow, 2014, 26 p. (in Russian).
11. Mironov S.V., Ivanov A.A. Mediko-sotsial'noe issledovanie samootsenki zdorov'ya i obraza zhizni studentov vysshego meditsinskogo uchebnogo zavedeniya [Medical and social examination of health and lifestyle self-estimation given by students attending medical HEE]. *Byulleten' Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2011, no. 1, pp. 241–242 (in Russian).
12. Osipova E.V. Sotsiokul'turnye razlichiya motivatsii zdorov'e-sberegayushchego povedeniya: dis. ... kand.psikh.nauk [Social and cultural differences of health-preserving behavior motivation: abstract of a thesis ... candidate of medical sciences]. Moscow, 2011, 226 p. (in Russian).
13. Proskuryakova L.A., Lobykina E.N., Burnysheva T.V. Struktura programmnogo kompleksa «Zdorov'e studentov» i ego znachenie v podderzhke ikh zdorov'ya (na primere Yuga Kuzbassa) [The structure of software complex “Student health” and its significance in their health support (as exemplified by the south of Kuzbass)]. *Zdavookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2016, vol. 60, no. 1, pp. 53–55 (in Russian).
14. Gur'yanov M.S., Kamaev I.A., Ivanov A.A., Mironov S.V. Rasprostranennost' kureniya sredi meditsinskikh rabotnikov [Prevalence of smoking among the medical workers]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: Meditsina*, 2009, no. 4, pp. 511–515 (in Russian).
15. Kamaev I.A., Gur'yanov M.S., Mironov S.V., Ivanov A.A. Sotsiologicheskoe izuchenie zdorov'ya i obraza zhizni studentov meditsinskoi akademii [The sociological survey of health and lifestyle among medical academy students]. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny*, 2010, no. 1, pp. 24–27 (in Russian).

Govyazina T.N., Utochkin Yu.A. Assessment of basic behavioural risks concerning health of students attending medical university. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 84–90. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.09.eng

Получена: 13.12.2016

Принята: 13.03.2017

Опубликована: 30.03.2017

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ЗДОРОВЬЮ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА И ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

УДК 613.2: 616.39-084+669

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.10

ФАКТОРЫ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АЛИМЕНТАРНО-ЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП РАБОТНИКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И РАЗРАБОТКА МЕР ПРОФИЛАКТИКИ

Ю.В. Данилова¹, Д.В. Турчанинов², В.М. Ефремов³

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Россия, 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64

² Омский государственный медицинский университет, Россия, 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12

³ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Челябинской области, Россия, 454092, г. Челябинск, ул. Елькина, 73

Рассмотрены результаты гигиенических и эпидемиологических исследований заболеваемости, структуры питания, безопасности пищевых продуктов, условий труда, фактического питания работников металлургического производства. Исследование проведено на базе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК). Основную группу составили 1208 сталеваров и литейщиков. Средний возраст участников исследования составил $40,0 \pm 0,75$ г. Выборка являлась репрезентативной. Фактическое питание изучено за период 2010–2015 гг. методами анализа частоты потребления пищи с использованием расширенной базы химического состава продуктов питания и анализа меню-раскладок питания организованного коллектива. Оценивались количественные и качественные показатели, в том числе величины потребления основных питательных веществ, энергии, незаменимых аминокислот, липидов, витаминов, клетчатки, эссенциальных и условно эссенциальных макро- и микроэлементов (всего – 60 нутриентов; с учетом потерь на очистку продукта, содержание съедобной части, потерь при различных способах кулинарной обработки). Оценивали режим и другие характеристики питания. Выявлено, что соотношение белков, жиров и углеводов свидетельствует о преимущественно жировом типе питания. У рабочих установлено недостаточное потребление ряда витаминов (А, D, фолиевая кислота) и биоэлементов (кальций) при избыточном потреблении насыщенных жиров, поваренной соли. Показано, что фактическое питание отдельных групп работников металлургического производства является нерациональным, несбалансированным и не отвечает потребностям организма, создавая риск формирования отклонений пищевого статуса и формирования алиментарно-зависимых болезней. В структуре общей заболеваемости за период 2010–2015 гг. алиментарно-зависимые заболевания составили в среднем 21,6 %. На заболевания, в которых фактор питания играет ведущую роль, приходится 10,0 % от всех заболеваний с временной утратой трудоспособности. Эпидемиологический анализ заболеваемости от болезней, связанных с нерациональным питанием, позволил определить приоритетные нозологии, группы риска и факторы риска.

Обоснованы гигиенические рекомендации по коррекции структуры питания в зависимости от выявленных отклонений.

Ключевые слова: фактическое питание, условия труда, пищевой статус, металлургическое производство, факторы риска, профилактика, гигиена питания, алиментарно-зависимые болезни, лечебно-профилактическое питание.

© Данилова Ю.В., Турчанинов Д.В., Ефремов В.М., 2017

Данилова Юлия Владимировна – ассистент кафедры гигиены и эпидемиологии (e-mail: NP.Efremova@yandex.ru; тел.: 8 (351) 242-28-05).

Турчанинов Денис Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой гигиены, питания человека (e-mail: medecolog@yandex.ru; тел.: 8 (381) 265-00-95).

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

Развитие трудового потенциала страны, сохранение профессионального здоровья и долголетия работающего населения является одной из важных функций государственной власти и основой социальной политики в Российской Федерации.

Профилактика потерь здоровья населения трудоспособного возраста – важная задача профилактической медицины – особенно актуальна ввиду наличия негативных прогнозов динамики трудовых ресурсов в нашей стране на среднесрочную перспективу.

Работающее население сегодня необходимо рассматривать в качестве группы риска, несущей бремя воздействия целого комплекса производственных и непроизводственных факторов. К числу последних, в первую очередь, относятся факторы образа жизни [3].

В условиях производственной среды важно не только сохранять здоровье работающих, но и укреплять его, так как работа на промышленных предприятиях требует огромных усилий. Такой патогенный фактор, как нерациональное питание, действует на население в сочетании с другими факторами среды (химической, физической, биологической, социальной природы), определяя формирование заболеваемости и смертности [11].

В ходе этого воздействия могут реализовываться различные сценарии, в основе которых может лежать (в том числе) и потенцирование негативных эффектов в отношении здоровья.

На крупном металлургическом производстве комплекс условий труда включает факторы физической природы: а) повышенная температура воздуха рабочей зоны; б) повышенные уровни шума и вибрации; в) воздействие различных излучений – тепловых, ионизирующих, электромагнитных, лазерных; г) запыленность и загазованность воздуха; д) неблагоприятная световая среда.

Кроме того, в ходе производственного процесса образуется большое количество вдыхаемых агентов, включая, наряду с прочими, газы, пары, пыль, дым и аэрозоли. Эти агенты несут ряд токсикологических угроз, оказывая на организм раздражающее, фиброгенное, аллергенное, канцерогенное и мутагенное воздействие [1, 3, 10].

Для металлургического производства наиболее характерно сочетание воздействий негативных физических и химических факторов среды с высокими физическими и нервно-психическими перегрузками. В связи с этим при оценке рисков комплексное воздействие данных факторов должно стать основополагающим.

Трудовой процесс, в свою очередь, характеризуется высокой нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма, а также на центральную нервную систему [13, 14].

Питание является уникальным фактором среды, воздействующим на организм: это и внешний фактор, и фактор внутренней среды. Это фактор и социальный, если иметь в виду структуру питания и пищевые привычки, и биологический – поступление необходимых эссенциальных нутриентов. Наконец, этот фактор может являться патогенным, но может повышать защитные функции физиологических барьеров организма, снижая риск проникновения экзотоксинов и способствуя усилению процессов связывания и выведения ядов и их продуктов обмена. Именно на этих эффектах питания основана концепция лечебно-профилактического (превентивного) питания [1, 3, 10, 16]. Научному обоснованию и практической реализации таких подходов посвящен целый ряд работ как отечественных, так и зарубежных авторов [2, 3, 4, 6, 8, 9, 15].

Среди отдельных групп работников промышленных предприятий одним из факторов является рост распространенности функциональных отклонений и хронической патологии, в том числе алиментарно-зависимой, что определяет необходимость поиска путей совершенствования профилактической деятельности на основе современных данных медицины труда [5, 12, 17].

В первую очередь целесообразной представляется комплексная оценка влияния профессиональных факторов риска и факторов образа жизни на здоровье работников. По мнению ряда авторов, современным подходом для определения приоритетов профилактики является интенсивно развивающаяся в гигиене в последние годы концепция профессиональных рисков [7, 11].

В условиях дефицита ресурсов существенное значение имеет научное обоснование приоритетных направлений профилактической работы для обеспечения воздействия на ведущие факторы риска. В связи с этим важной задачей со стороны государства является реализация комплекса мер по реорганизации системы питания как важного фактора, определяющего здоровье рабочих.

Проводимые на сегодняшний день мероприятия по охране здоровья работающих не учитывают возможность развития производственно обусловленных заболеваний, особенно в условиях сочетанного воздействия условий труда и факторов образа жизни. В этих условиях

сохранение здоровья зависит не только от улучшения условий труда, но и от комплекса социальных, гигиенических, медицинских и воспитательных мероприятий. В то же время такие важные профилактические мероприятия, как производственный контроль и периодические медицинские осмотры, проводятся без учета опасности формирования производственно обусловленной заболеваемости, что отрицательно сказывается на эффективности вышеуказанных действий.

Попытка оценить фактическое питание в качестве фактора риска формирования хронической патологии в сочетании с неблагоприятными условиями труда и факторами трудового процесса для разработки действенных профилактических мероприятий определила актуальность избранной темы исследования.

Цель исследования – гигиеническая оценка фактического питания работников некоторых профессий металлургического производства с позиций вклада в формирование производственно обусловленной заболеваемости.

Материалы и методы. Исследование проведено на базе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК). Основную группу составили 1208 сталеваров и литейщиков. Средний возраст участников исследования – $40,0 \pm 0,75$ г. Выборка являлась репрезентативной.

Фактическое питание у отдельных групп работников ММК изучено за период 2010–2015 гг. методами анализа частоты потребления пищи с использованием расширенной базы химического состава продуктов питания и анализа меню-раскладок питания организованного коллектива.

При анализе сбалансированности рациона оценивались количественные и качественные показатели. Полученные величины потребления основных питательных веществ, энергии, незаменимых аминокислот, липидов, витаминов, клетчатки, эссенциальных и условно эссенциальных макро- и микробиоэлементов (всего – 60 нутриентов; с учетом потерь на очистку продукта, содержание съедобной части, потерь при различных способах кулинарной обработки) сравнивались с «Нормами физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения РФ».

Оценивался режим и другие характеристики питания. Расчет величин потребления и обеспеченности нутриентами проводился с помощью оригинальной компьютерной программы на основе модуля Visual Basic к MS Excel–2000. Эта программа включала базу данных химического состава пищевых продуктов и блюд, подготовленную на основе таблиц

«Химического состава пищевых продуктов» (2012) и данных лабораторных исследований пищевых продуктов.

Анализ осуществлялся с использованием пакета Statistica 6.0, возможностей MS Excel–2003. Проверка нормальности распределения признаков производилась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости p принимался равным 0,05. Для проверки статистических гипотез применяли непараметрические методы. Для сравнения количественных данных двух независимых групп использовался U -критерий Манна–Уитни.

Результаты и их обсуждение. При оценке сбалансированности рациона установлено, что соотношение белков, жиров и углеводов составило 1:1,6:5,1 при рекомендуемом 1:1,1:4,8, что свидетельствует о преимущественно жировом типе питания.

Величины среднесуточного потребления отдельных групп продуктов рабочими металлургического производства приведены в табл. 1.

При качественной оценке установлено, что удельный вес лиц с избыточным потреблением энергии составляет 41,6 % (с величиной избытка 43,7 %), в то время как сниженная энергетическая ценность рациона отмечена лишь у 7,8 % респондентов. При этом у 26,0 % рабочих выявлено недостаточное потребление углеводов, у 19,5 % – их избыточное потребление. Потребление белка характеризовалось как среднее, достаточное, на уровне физиологических потребностей (109,2 %).

Т а б л и ц а 1

Величина среднесуточного потребления отдельных групп продуктов рабочими металлургического производства (с учетом потерь на очистку и кулинарную обработку; 2010–2015 гг.)

Группа продуктов	P16*	P50	P84	<i>M</i>	<i>SE</i>
Яйцо куриное	6,1	16,8	36,4	27,6	4,59
Хлебобулочные изделия	86,1	213,7	298,7	233,6	20,02
Каша, макароны	61,1	136,4	332,0	220,0	38,08
Овощи	261,4	497,4	911,6	590,2	46,56
Фрукты	76,1	243,8	443,5	322,4	40,39
Кондитерские изделия	7,8	22,0	67,8	36,4	4,16
Масла, жиры	10,5	24,7	49,8	30,6	2,75
Мясо и мясопродукты	129,4	222,5	362,0	247,3	15,85
Рыба и морепродукты	7,6	20,2	60,6	30,7	3,37
Молоко и молочные продукты	107,7	253,9	644,6	392,8	46,06
Напитки	453,0	777,9	1373,6	907,9	57,07

П р и м е ч а н и е: P16, P50, P84 – соответственно 16-й, 50-й (медиана) и 84-й процентиля вариационного ряда, *M* – средняя арифметическая, *SE* (или *m*) – стандартная ошибка среднего.

Таблица 2

Качественная оценка среднесуточного потребления липидов рабочими
металлургического производства (2010–2015 гг.)

Показатель	Удельный вес лиц с недостаточным потреблением, %	Удельный вес лиц с избыточным потреблением, %	Величина избытка, %
Жиры	$6,5 \pm 0,7$	$74,0 \pm 1,3$	60,9
Холестерин	$5,2 \pm 0,6$	$75,3 \pm 1,2$	139,5
Насыщенные ЖК	$10,4 \pm 0,9$	$44,2 \pm 1,4$	64,7
Мононенасыщенные ЖК	$5,2 \pm 0,6$	$72,7 \pm 1,3$	73,3
Полиненасыщенные ЖК, мг	$36,4 \pm 1,4$	$2,6 \pm 0,5$	106,8
Триглицериды, мг	$0,0 \pm 0,1$	$98,7 \pm 0,3$	200,4
Фосфолипиды, мг	$15,6 \pm 1,0$	$43,0 \pm 1,4$	52,3
Линолевая кислота (w-6), мг	$2,6 \pm 0,5$	$61,0 \pm 1,4$	190,9
Линоленовая кислота (w-3), мг	$10,4 \pm 0,9$	$19,5 \pm 1,1$	170,9
Арахидоновая кислота (w-6), мг	$35,1 \pm 1,4$	$9,1 \pm 0,8$	200,4
Отношение w-6 / w-3	$11,7 \pm 0,9$	$64,9 \pm 1,4$	111,9

Необходимо отметить, что удельный вес лиц с избыточным потреблением пищевого холестерина составил 75,3 % (с величиной избытка 139,5 %); триглицеридов – 98,3 % (с величиной избытка 200,4 %). При анализе содержания омега-6-жирных кислот выявлено, что удельный вес лиц с избытком составляет 61,0 % с величиной избытка 190,9 %, при этом содержание омега-6/омега-3-жирных кислот (ЖК) существенно отклоняется от рекомендуемого (табл. 2).

Уровни потребления витаминов в исследуемой группе были выше, чем в среднем у населения Урала и Сибири [11]. Это связано с необходимостью компенсации существенных количеств энергии в связи с высокой физической активностью. Тем не менее необходимо отметить, что удельный вес лиц с недостаточным потреблением витамина А составил 64,9 %, фолиевой кислоты – 80,5 % (с глубиной недостатка 58,0 %), витамина D – более 90,0 %.

Из числа эссенциальных макро- и микроэлементов особо необходимо отметить недостаточное употребление кальция (у 33,8 % респондентов) и связанное с этим нарушение рекомендуемого соотношения Ca/P (фактически 1:1,4).

Исследование пищевого статуса у отдельных групп работников ММК показало, что клинические симптомы витаминной недостаточности встречаются редко, что соответствует данным оценки фактического питания.

На рисунке представлена оценка пищевого статуса у рабочих металлургического производства по показателю индекса массы тела.

Такие данные согласуются с результатами оценки фактического питания рабочих.

Результаты эпидемиологического анализа заболеваемости и комплекса ее исходов (заболе-



Рис. Оценка пищевого статуса у рабочих металлургического производства по показателю индекса массы тела (%)

ваемость с временной нетрудоспособностью, инвалидизация населения, преждевременная смертность) коррелировали с данными гигиенической оценки питания работников металлургического производства.

В динамике показатели общей заболеваемости работников ММК болезнями, в этиологии которых фактор питания играет ведущую роль, имели выраженную и статистически значимую тенденцию к росту ($T_{np} = +6,6$; $p < 0,001$). В общей структуре за период 2010–2015 гг. алиментарно-зависимые заболевания составили в среднем 21,6 %.

Для столовых металлургического комбината разработано и предложено внедрить несколько видов примерных меню в соответствии с санитарными правилами. Была учтена и сезонность, и необходимое количество основных пищевых веществ, и требуемая калорийность суточного рациона. В меню включены продукты питания, направленные на профилактику заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов. При этом обоснованы рекомендации по снижению потребления животных насыщенных жиров и увеличению потребления омега-3-жирных кислот.

Все это позволило расширить в столовых металлургического комбината ассортимент мясных и овощных блюд, увеличить охват 2- и 3-разовым питанием, горячими завтраками и обедами, организовать диетическое питание.

Выводы. Гигиеническая оценка питания показала, что фактическое питание отдельных групп работников металлургического производства является нерациональным, несбалансированным и не отвечает потребностям организма. Таким образом, создается риск формирования отклонений пищевого статуса и формирования алиментарно-зависимых болезней.

Частота клинически значимых симптомов поражения кожи, связанных с недостаточной обеспеченностью микронутриентами, была незна-

чительной. Более чем у половины обследованных отмечена избыточная масса тела (у 12,7 % – ожирение 1–2-й степени).

В структуре общей заболеваемости за период 2010–2015 гг. алиментарно-зависимые заболевания составили в среднем 21,6 %. На заболевания, в которых фактор питания играет ведущую роль, приходится 10,0 % от всех заболеваний с временной утратой трудоспособности.

Эпидемиологический анализ заболеваемости от болезней, связанных с нерациональным питанием, позволил определить приоритетные нозологии, группы риска, а также факторы риска. Эта информация являлась необходимой для разработки профилактических мероприятий для работников металлургического производства.

Список литературы

1. Доценко В.А., Бондарев Г.И., Мартинчик А.Н. Организация лечебно-профилактического питания. – М.: Медицина, 1987. – 212 с.
2. Егорова А.М. Организация комплексной профилактики мочекаменной болезни у рабочих в черной металлургии // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2009. – № 2. – С. 40–41.
3. Истомин А.В., Сааркоппель Л.М., Яцына И.В. Гигиенические проблемы коррекции фактора питания у работающих во вредных условиях / под ред. академика РАН В.Н. Ракитского. – М.: Дашков и К, 2015. – 186 с.
4. Корабельникова И.В., Батурин А.К. Анализ взаимосвязи образа жизни, рациона питания и антропометрических данных с состоянием здоровья лиц, работающих в условиях особо вредного производства // Вопросы питания. – 2013. – № 1. – С. 74–78.
5. Обеспеченность витаминами и характер питания работников металлургического производства (Нижегород) / Н.А. Бекетова, П.Н. Морозова, О.В. Кошелева, О.А. Вржесинская, О.Г. Переверзева, В.М. Коденцова, Л.А. Страхова, Т.В. Блинова, А.В. Васильев // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № S2. – С. 84.
6. Опыт реализации программы «Здоровое питание» на металлургическом предприятии / Е.Л. Базарова, И.С. Ошеров, Л.Я. Тартаковская, А.А. Федорук, И.Е. Оранский // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2015. – Т. 53, № 2. – С. 95–98.
7. Сбережение здоровья работающих и предиктивно-превентивно-персонифицированная медицина / Н.Ф. Измеров, И.В. Бухтияров, Л.В. Прокопенко, Л.П. Кузьмина // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 6. – С. 7–12.
8. Трихина В.В., Лазаревич Е.Л., Вековцев А.А. Разработка программы и методических рекомендаций для коррекции питания рабочих металлургических предприятий // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 36, № 1. – С. 97–102.
9. Трихина В.В., Маюрникова Л.А., Новоселов С.В. Интегрированный метод разработки специализированных продуктов для коррекции питания персонала, работающего во вредных условиях труда // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3, № 4. – С. 94–106.
10. Турсунбаев А.К. Гигиеническое обоснование использования лечебно-профилактического питания для работников Алмалыкского горно-металлургического комбината, подвергающихся воздействию вредных факторов производства // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78, № 1. – С. 59–63.
11. Турчанинов Д.В., Вильмс Е.А., Боярская Л.А. Концепция разработки системы управления патологией, связанной с нерациональным питанием, и направления ее внедрения // Информатика и системы управления. – 2009. – Т. 22, № 4. – С. 152–154.
12. Castro M.B., Anjos L.A., Lourenço P.M. Dietary pattern and nutritional status of metalworkers in Rio de Janeiro, Brazil // Cad. Saude. Publica. – 2004. – Vol. 20, № 4. – P. 926–934.
13. Cross-sectional study of blood lead effects on iron status in Korean lead workers / H.S. Kim, S.S. Lee, Y. Hwangbo, K.D. Ahn, B.K. Lee // Nutrition. – 2003. – Vol. 19, № 7–8. – P. 571–576.
14. Eating habits, health status, and concern about health: a study among 1641 employees in the German metal industry / B. Reime, P. Novak, J. Born, E. Hagel, V. Wanek // Prev. Med. – 2000 – Vol. 30, № 4. – P. 295–301.
15. Effects of a fruit-vegetable dietary pattern on oxidative stress and genetic damage in coke oven workers: a cross-sectional study / Z. Xie, H. Lin, R. Fang, W. Shen, S. Li, B. Chen // Environ. Health. – 2015. – Vol. 14. – P. 40. DOI: 10.1186/s12940-015-0028-5.

16. Evaluation of the effects of shift work on nutrient intake: a cross-sectional study / Y. Morikawa, K. Miura, S. Sasaki, K. Yoshita, S. Yoneyama, M. Sakurai, M. Ishizaki, T. Kido, Y. Naruse, Y. Suwazono, M. Higashiyama, H. Nakagawa // *Journal Occup Health*. – 2008. – Vol. 50, № 3. – P. 270–278.

17. Prev Effects of lifestyle on micronuclei frequency in human lymphocytes in Japanese hard-metal workers / P. Huang, B. Huang, H. Weng, K. Nakayama, K. Morimoto // *Med*. – 2009. – Vol. 48, № 4. – P. 383–388. DOI: 10.1016/j.ypmed.2008.12.023.

Данилова Ю.В., Турчанинов Д.В., Ефремов В.М. Факторы риска возникновения алиментарно-зависимых заболеваний у отдельных групп работников металлургического производства и разработка мер профилактики // *Анализ риска здоровью*. – 2017. – №1. – С. 91–97. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.10

UDC 613.2: 616.39-084+669

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.10.eng

RISK FACTORS CAUSING EVOLVEMENT OF ALIMENTARY-DEPENDENT DISEASES IN SPECIFIC GROUPS OF WORKERS EMPLOYED AT METALLURGY PRODUCTION AND PREVENTION MEASURES DEVELOPMENT

Yu.V. Danilova¹, D.V. Turchaninov², V.M. Efremov³

¹ South-Urals State Medical University, 64 Vorovskogo Str., Chelyabinsk, 454092, Russian Federation

² Omsk State Medical University Russian Ministry of Health, 12 Lenin Str., Omsk, 644099, Russian Federation

³ Administration of the Federal Supervision Service for Consumer's Rights Protection and Human Welfare in the Chelyabinsk region, 73 Elkina Str., Chelyabinsk, 454092, Russian Federation

The article gives the results of hygienic and epidemiologic research of morbidity, nutrition structure, food stuffs safety, working conditions, and actual nutrition of workers employed at metallurgy productions. The research was carried out at "Magnitogorskiy metallurgy plant" PLC. 1208 steel workers and founders made up the main group. Average age of research participants amounted to 40.0 ± 0.75. The sampling was representative. We studied actual nutrition over 2010–2015 via analyzing food consumption frequency and applying extended base of food stuffs chemical structure and analyzing menus with lists of dishes offered for an organized group nutrition. We assessed both qualitative and quantitative parameters, including consumption of basic nutrients, energy, irreplaceable amino acids, lipids, vitamins, dietary fiber, essential and conditionally essential microbiological elements (60 nutrients totally, allowing for losses on a product peeling, edible contents, and other losses occurring at various treatments during cooking). We also assessed nutrition regime and other nutrition features. We detected that ratio between proteins, fats and carbohydrates was the evidence of mostly fat nutrition type. Workers were found to consume insufficient quantity of certain vitamins (A, D, and folic acid) and biological elements (calcium), but they instead consumed excessive quantities of saturated fats and common salt. It is shown that actual nutrition of specific workers' groups at metallurgy production is not rational, imbalanced, and doesn't satisfy body needs causing risks of nutrition state shifts and alimentary-dependent diseases evolvement. Alimentary-dependent diseases on average amounted to 21.6 % in the total morbidity structure in 2010–2015. 10.0 % of all diseases with temporary working disability are diseases determined by mostly nutrition factor. Epidemiologic analysis of morbidity comprising diseases related to non-rational nutrition enabled us to determine priority nosologies, risk groups and risk factors.

We have the grounds for hygienic recommendations aimed at correcting nutrition structure depending on detected deviations.

Key words: actual nutrition, working conditions, nutrition state, metallurgy production, risk factors, prevention, nutrition hygiene, alimentary-dependent diseases, preventive nutrition.

References

1. Dotsenko V.A., Bondarev G.I., Martinchik A.N. Organizatsiya lechebno-profilakticheskogo pitaniya [Organization of preventive nutrition]. Moscow, Meditsina Publ., 1987, 212 p. (in Russian).

© Danilova Yu.V., Turchaninov D.V., Efremov V.M., 2017

Yuliya V. Danilova – assistant at Hygiene and Epidemiology Department (e-mail: NP.Efremova@yandex.ru; tel.: +7 (351) 242-28-05).

Denis V. Turchaninov – Doctor of Medicine, Professor, Head of Hygiene and Human Nutrition Department (e-mail: medecolog@yandex.ru; tel.: 8 (381) 265-00-95)

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

2. Egorova A.M. Organizatsiya kompleksnoi profilaktiki mochekamennoi bolezni u rabochikh v chernoi metallurgii [The organization of the comprehensive prevention of urolithiasis among ferrous metallurgy workers]. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny*, 2009, no. 2, pp. 40–41 (in Russian).
3. Istomin A.V., Saarkoppel' L.M., Yatsyna I.V. Gigienicheskie problemy korrektsii faktora pitaniya u rabotayushchikh vo vrednykh usloviyakh [Hygienic issues of nutrition factor correction for people working in hazardous conditions]. In: akademik RAN V.N. Rakitskogo, ed. Moscow, Dashkov i K Publ., 2015, 186 p. (in Russian).
4. Korabel'nikova I.V., Baturin A.K. Analiz vzaimosvyazi obraza zhizni, ratsiona pitaniya i antropometricheskikh dannyykh s sostoyaniem zdorov'ya lits, rabotayushchikh v usloviyakh osobo vrednogo proizvodstva [Analysis of interrelation between lifestyle, diet and anthropometrical characteristics and health of persons, working in the conditions of especially harmful production]. *Voprosy pitaniya*, 2013, vol. 82, no. 1, pp. 74–78. (in Russian).
5. Beketova N.A., Morozova P.N., Kosheleva O.V., Vrzhesinskaya O.A., Pereverzeva O.G., Kodentsova V.M., Strakhova L.A., Blinova T.V., Vasil'ev A.V. Obespechennost' vitaminami i kharakter pitaniya rabotnikov metallurgicheskogo proizvodstva (Nizhnii Novgorod) [Vitamins provision and nutrition features of workers employed at metallurgy production (Nizhniy Novgorod)]. *Voprosy pitaniya*, 2016, vol. 85, no. S2, pp. 84. (in Russian).
6. Bazarova E.L., Osherov I.S., Tartakovskaya L.Ya., Fedoruk A.A., Oranskii I.E. Opyt realizatsii programmy «Zdorovoe pitanie» na metallurgicheskoy predpriyatii [Experience of implementation of a «Healthy eating» program at the metallurgical plant]. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*, 2015, vol. 53, no. 2, pp. 95–98 (in Russian).
7. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Kuz'mina L.P. Sberezhenie zdorov'ya rabotayushchikh i prediktivno-preventivno-personifitsirovannaya meditsina [Protecting health of workers and predictive preventive personified medicine]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2013, no. 6, pp. 7–12 (in Russian).
8. Trikhina V.V., Lazarevich E.L., Vekovtsev A.A. Razrabotka programmy i metodicheskikh rekomendatsii dlya korrektsii pitaniya rabochikh metallurgicheskikh predpriyatii [Development of the program and methodical recommendations to correct nutrition of workers of metallurgical enterprises]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2015, vol. 36, no. 1, pp. 97–102 (in Russian).
9. Trikhina V.V., Mayurnikova L.A., Novoselov S.V. Integrirovannyi metod razrabotki spetsializirovannykh produktov dlya korrektsii pitaniya personala, rabotayushchego vo vrednykh usloviyakh truda [The integrated method of development of specialized products for the correction of nutrition of personnel working in hazardous conditions]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii*, 2015, vol. 3, no. 4, pp. 94–106 (in Russian).
10. Tursunbaev A.K. Gigienicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya lechenno-profilakticheskogo pitaniya dlya rabotnikov Almalykskogo gorno-metallurgicheskogo kombinata, podvergayushchikhsya vozdйствию vrednykh faktorov proizvodstva [Gygienic substantiation of using medicinal nutrition for employees for Almalyk mining and smelting plant exposed to harmful industrial factors]. *Voprosy pitaniya*, 2009, vol. 78, no. 1, pp. 59–63 (in Russian).
11. Turchaninov D.V., Vil'ms E.A., Boyarskaya L.A. Kontseptsiya razrabotki sistemy upravleniya patologiei, svyazannoi s neratsional'nym pitaniem, i napravleniya ee vnedreniya [Concept of working out system to manage pathology related to non-rational nutrition and implementation guidelines]. *Informatika i sistemy upravleniya*, 2009, vol. 22, no. 4, pp. 152–154 (in Russian).
12. Castro M.B., Anjos L.A., Lourenço P.M. Dietary pattern and nutritional status of metalworkers in Rio de Janeiro, Brazil. *Cad. Saude. Publica*, 2004, vol. 20, no. 4, pp. 926–934.
13. Kim H.S., Lee S.S., Hwangbo Y., Ahn K.D., Lee B.K. Cross-sectional study of blood lead effects on iron status in Korean lead workers. *Nutrition*, 2003, vol. 19, no. 7–8, pp. 571–576.
14. Reime B., Novak P., Born J., Hagel E., Wanek V. Eating habits, health status, and concern about health: a study among 1641 employees in the German metal industry. *Prev. Med.*, 2000, vol. 30, no. 4, pp. 295–301.
15. Xie Z., Lin H., Fang R., Shen W., Li S., Chen B. Effects of a fruit-vegetable dietary pattern on oxidative stress and genetic damage in coke oven workers: a cross-sectional study. *Environ. Health*, 2015, vol. 14, no. 40. DOI: 10.1186/s12940-015-0028-5.
16. Morikawa Y., Miura K., Sasaki S., Yoshita K., Yoneyama S., Sakurai M., Ishizaki M., Kido T., Naruse Y., Suwazono Y., Higashiyama M., Nakagawa H. Evaluation of the effects of shift work on nutrient intake: a cross-sectional study. *Journal Occup Health*, 2008, vol. 50, no. 3, pp. 270–278.
17. Huang P., Huang B., Weng H., Nakayama K., Morimoto K. Prev Effects of lifestyle on micronuclei frequency in human lymphocytes in Japanese hard-metal workers. *Med.*, 2009, vol. 48, no. 4, pp. 383–388. DOI: 10.1016/j.ypmed.2008.12.023.

Danilova Yu.V., Turchaninov D.V., Efremov V.M. Risk factors causing evolvement of alimentary-dependent diseases in specific groups of workers employed at metallurgy production and prevention meausres development. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 91–97. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.10.eng

Получена: 02.09.2016

Принята: 13.01.2017

Опубликована: 30.03.2017

УДК 613.6-616-057: 616-006.1

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.11

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ

**В.И. Адриановский^{1,2}, Г.Я. Липатов^{1,2}, Е.А. Кузьмина¹, Н.В. Злыгостева^{1,2},
К.Ю. Русских¹, Н.П. Шарипова², Т.В. Бушуева¹, В.О. Рузаков³**

¹Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий Роспотребнадзора, Россия, 620014, г.Екатеринбург, ул. Попова, 30

²Уральский государственный медицинский университет Минздрава России, Россия, 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3

³Управление Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области, Россия, 620078, г. Екатеринбург, пер. Отдельный, 3

В целях отработки идеологии комплексной оценки канцерогенной опасности предприятий проведена гигиеническая оценка вклада факторов рабочей среды в формирование канцерогенного риска (КР) рабочих, занятых в получении черновой меди, включая оценку прогнозных значений профессиональных рисков. Для профессий с неприемлемым уровнем КР определены уровни опухолевых маркеров. Проведено изучение смертности от злокачественных новообразований. Показано, что для получения черновой меди основным фактором, формирующим КР, являются неорганические соединения мышьяка. Расчет индивидуальных КР при 25-летнем стаже работы показал, что во всех изученных основных и вспомогательных профессиях медеплавильного цеха суммарный КР находился в 4-м диапазоне (более $1,0 \cdot 10^{-3}$). Неприемлемые значения для прогнозного КР для 100 % оцененных профессий начинаются уже с 5-летнего стажа работы. Среди профессий с неприемлемым значением КР превышение уровней опухолевых маркеров выявлено у 73 % осммотренных, из них у 19 % работающих были превышены уровни сразу двух онкомаркеров. У 9,0 % обследованных отмечено превышение онкомаркера Cyfra 21.1, у 14,5 % выявлены высокие уровни опухолевого маркера CEA, а у 59,0 % – NSE. Интенсивные показатели смертности рабочих-мужчин медеплавильного цеха по всем локализациям, вместе взятым, составили 153,14, а у мужчин, относящихся к населению, – 127,25 на 100 000. У занятых в производстве черновой меди рабочих превышение интенсивных показателей смертности над таковыми у населения выявлено по злокачественным образованиям органов дыхания и грудной клетки (86,78 и 47,72 соответственно), в том числе по раку легких (71,47 и 43,48 соответственно). Полученные результаты позволят разработать систему управления КР, включающую регламентационно-контролирующие, организационно-управленческие, технико-технологические, финансово-экономические, медико-профилактические и реабилитационные, а также информационно-образовательные мероприятия.

Ключевые слова: производство черновой меди, профессиональный индивидуальный канцерогенный риск, смертность от злокачественных новообразований, опухолевые маркеры, управление канцерогенным риском, мышьяк, никель, свинец, кадмий.

© Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., Русских К.Ю., Шарипова Н.П., Бушуева Т.В., 2017

Адриановский Вадим Иннович – кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии профилактики рака (e-mail: adrianovsky@k66.ru; тел.: 8 (343) 253-14-56).

Липатов Георгий Яковлевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией эпидемиологии профилактики рака (e-mail: lipatovg@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 253-14-56).

Кузьмина Елена Анатольевна – кандидат медицинских наук, заведующий отделом комплексных проблем гигиены и профилактики заболеваний населения (e-mail: risk@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 371-81-29).

Злыгостева Наталья Викторовна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии профилактики рака (e-mail: kirakirazn@gmail.com; тел.: 8 (343) 253-14-56).

Русских Ксения Юрьевна – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и профилактики рака (e-mail: russskih-300185@mail.ru; тел.: 8 (343) 253-14-56).

Шарипова Наталия Петровна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры гигиены и профессиональных болезней (e-mail: isaeva20a@yandex.ru; тел.: 8 (343) 214-86-93).

Бушуева Татьяна Викторовна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник НПО «Диагностические методы исследования» (e-mail: gribova@ymrc.ru; тел.: 8 (343) 371-27-48).

Рузаков Вадим Олегович – руководитель отдела по гигиене труда (e-mail: mail@66.rosptrebnadzor.ru; тел.: 8 (343) 270-15-69).

В настоящее время практически каждый третий работник России трудится во вредных и опасных условиях труда. По оценке Международной организации труда, в России свыше 76 тыс. смертей в год происходят из-за болезней, связанных с трудовой деятельностью. Сложившаяся ситуация требует изменения приоритетов при планировании стратегий укрепления здоровья населения, а именно смещение акцента от клинического подхода в сторону профилактических программ. В связи с этим первоочередной является задача управления профессиональными рисками – формирование системы мер по предупреждению неблагоприятных воздействий условий труда на здоровье, базирующейся на принципах приоритетности первичной профилактики и снижения влияния факторов риска [16].

Разработке методологии оценки канцерогенных рисков посвящены работы П.В. Серебрякова (2007), А.В. Мельцера (2008) и др. В частности, П.В. Серебряковым впервые разработан алгоритм расчета индивидуальных профессиональных канцерогенных рисков, апробированный на предприятиях, специализирующихся на добыче и переработке медно-никелевых руд [14]. Вопросы профессиональной экспозиции к канцерогенам, оценки риска и биомониторинга (на примере соединений мышьяка) также широко освещены и в зарубежной литературе [17, 18, 19].

С 2011 г. в Свердловской области органами и учреждениями Роспотребнадзора совместно с ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» отрабатывается идеология комплексной оценки канцерогенной опасности предприятий [9]. По результатам оценки экспозиции канцерогенных факторов и характеристике популяции работающих рассчитываются прогнозные значения профессионального индивидуального канцерогенного риска (КР), которые сопоставляются с рисками, связанными с непрофессиональным воздействием. Данные оценки КР позволяют сформировать группу риска рабочих, для которых в рамках профосмотра дополнительно проводятся исследования по раннему выявлению признаков новообразований, а при необходимости – дообследование в стационаре с последующим диспансерным наблюдением. В целях обоснования роли производственных факторов в развитии злокачественных новообразований (ЗН) осуществляется изучение онкологической смертности рабочих. Все вышеуказанное позволяет обосновать мероприятия по управлению канцерогенным риском.

Однако существует ряд методологических проблем, связанных с расчетом прогнозных значений КР, положения, значения и критерии которых не утверждены в установленном порядке, а также оценкой доказательства связи профессии с развитием рака, установлением предикторов онкогенеза [7, 15].

Цель исследования – изучить условия труда и дать оценку профессиональным канцерогенным рискам для работающих, занятых на предприятии, где осуществляется получение черновой меди.

Материалы и методы. Объектом исследования служило крупнейшее предприятие уральского региона, где осуществляется получение черновой меди, в медеплавильном цехе (МПЦ) которого технологические процессы включают сушку шихты, плавку, осуществляющуюся в печи Ванюкова (ПВ-1500), и конвертирование меди.

На первом этапе исследования нами проведена идентификация канцерогенной опасности предприятия на основе экспертизы исходных данных санитарно-гигиенического паспорта. Были выявлены приоритетные канцерогенные факторы компонентов производства (сырье, продукция, выбросы в атмосферный воздух, сбросы сточных вод, состав воздуха рабочей зоны и др.) и сформирован банк данных (концентраций) для дальнейшей оценки профессионального канцерогенного риска здоровью. В основу расчета КР взяты подходы, изложенные в [8] и исследованиях А.В. Мельцера и П.В. Серебрякова [5, 14]. КР рассчитывался для 17 профессий МПЦ (сушильное, плавильное и конвертерное отделения), в которых заняты 420 человек, а именно: сушильщик (6 человек), транспортерщик (15), шихтовщик (2), загрузчик шихты (39), плавильщик (70), разлищик (30), конвертерщик (37), машинист крана (31), чистильщик (52), огнеупорщик (3), мастер (12), оператор пылегазоулавливающих установок (44), машинист насосных установок (10), электрогазосварщик (15), слесарь-ремонтник (42), электромонтер (25), слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике (5), – с учетом фактической экспозиции к мышьяку, кадмию, свинцу, бериллию и бенз(а)пирену (250 рабочих смен продолжительностью 8 ч).

На втором этапе у рабочих, занятых в исследуемых профессиях, проведено определение в сыворотке крови опухолевых маркеров (онкомаркеров): а) раковый эмбриональный антиген (СЕА) – маркер опухолей трахеи, бронхов и легких, желудочно-кишечного тракта, особенно толстого кишечника, поджелудочной железы,

печени, а также молочной железы, шейки матки и простаты; б) цифра 21.1. (Cyfra 21.1) – маркер рака легких (преимущественно плоскоклеточного, реже аденокарциномы и других гистологических типов) и мочевого пузыря; в) нейронспецифическая енолаза (NSE) – маркер опухолей легких, лейкозов и опухолей нейроэктодермального происхождения [20].

На третьем этапе ретроспективным методом было проведено эпидемиологическое исследование по изучению смертности от злокачественных новообразований (ЗН) рабочих МПЦ тех же профессий, по которым оценен КР [6]. Контролем служило население, проживающее в районе размещения изучаемого предприятия. Период исследования включал 30 лет (1976–2005 гг.). Вычислялись интенсивные показатели смертности на 100 000 населения и работающих (повозрастные и общие). Помимо наблюдаемой, в изучаемых контингентах вычислялась так называемая ожидаемая смертность. Она представляет собой смертность контрольного населения, стандартизованную по возрасту. За стандарт принималось возрастное распределение в МПЦ. Кратность превышения наблюдаемых показателей смертности от ЗН над «ожидаемыми» определяла степень дополнительного риска, связанного с работой в изучаемом производстве.

Результаты и их обсуждение. В комплексе производственных факторов ведущей профес-

сионально-гигиенической вредностью являются промышленные аэрозоли. Многокомпонентность рудного сырья определяет сложность химического состава пыли. Кроме основного металла она содержит и целый ряд канцерогенных веществ, таких как мышьяк, никель, свинец, кадмий, шестивалентный хром, бериллий [1, 4, 10]. Сушка и плавка концентрата сопровождаются выделением в воздух рабочей зоны бенз(а)пирена [2, 3]. Пыль шихты плавильного отделения содержит 0,2–0,6 % мышьяка, 0,05–0,09 % свинца и кадмия. В составе пыли конвертерного отделения присутствуют 0,03–0,09 % мышьяка, 0,04–4,38 % свинца и менее 0,1 % бериллия.

В ходе исследования для некоторых профессий отмечены повышенные концентрации свинца и мышьяка (до 0,1 и 0,015 мг/м³ соответственно). Содержание кадмия, бериллия и бенз(а)пирена не превышало предельно допустимой концентрации (ПДК). Таким образом, условия труда в МПЦ по содержанию канцерогенных веществ относятся к 2.0–3.1 классам вредности.

Расчет индивидуальных КР при 25-летнем стаже работы показал, что во всех изученных основных и вспомогательных профессиях МПЦ суммарный КР находился в 4-м диапазоне (более $1,0 \cdot 10^{-3}$) (табл. 1). Этот диапазон считается неприемлемым для профессиональных групп [8], что согласуется и дополняет предыдущие исследования [1, 13].

Таблица 1

Индивидуальные канцерогенные риски у рабочих медеплавильного цеха

Рабочее место	Канцерогенный риск при стаже 25 лет					
	Канцерогенные вещества					Суммарный канцерогенный риск
	As	Cd	Pb	бенз(а)пирен	Be	
Сушильщик	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$	–	–	$3,3 \cdot 10^{-3}$
Транспортерщик	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	–	–	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Шихтовщик	$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	$4,4 \cdot 10^{-5}$	–	–	$5,3 \cdot 10^{-2}$
Загрузчик шихты	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	–	–	$8,0 \cdot 10^{-3}$
Плавильщик	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	–	$4,4 \cdot 10^{-3}$
Разливщик	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-5}$	–	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Конвертерщик	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	–	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Машинист крана	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	–	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Чистильщик	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-5}$	–	–	$4,4 \cdot 10^{-3}$
Огнеупорщик	$3,4 \cdot 10^{-3}$	–	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	–	$3,5 \cdot 10^{-3}$
Мастер	$2,6 \cdot 10^{-3}$	–	$5,4 \cdot 10^{-5}$	–	–	$2,6 \cdot 10^{-3}$
Оператор пылегазоулавливающих установок	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	–	–	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Машинист насосных установок	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$7,3 \cdot 10^{-5}$	–	–	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Электрогазосварщик	$3,7 \cdot 10^{-3}$	–	$6,3 \cdot 10^{-5}$	–	–	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Слесарь-ремонтник	$5,1 \cdot 10^{-3}$	–	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-3}$
Электромонтер	$5,2 \cdot 10^{-2}$	–	$7,3 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$
Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике	$4,7 \cdot 10^{-3}$	–	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$

Наибольшее значение КР отмечено на рабочих местах, характеризующихся интенсивным выделением пыли (шихтовщик, загрузчик шихты, транспортерщик, оператор пылегазуулавливающих установок), и ряде ремонтных профессий (электромонтер, слесарь-ремонтник, слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике). Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что на всех рабочих местах максимальный вклад в значения КР обусловлен экспозицией неорганических соединений мышьяка (от 84 до 99 %). Присутствие в воздухе рабочей зоны бенз(а)пирена, бериллия, кадмия и свинца не оказало существенного влияния на значения суммарного КР.

С учетом полученных значений КР проведен расчет продолжительности приемлемого стажа работы, при котором достигается верхний предел допустимого профессионального риска (10^{-3}). В результате средний приемлемый стаж работников для МПЦ составил 5 лет.

Исследования по оценке многосредовых КР для населения, складывающихся из экспозиции канцерогенными веществами в атмосферном воздухе, питьевой воде и продуктах питания, показали, что индивидуальный КР для населения города, в котором размещено изучаемое предприятие, составил $2,3 \cdot 10^{-3}$ (4-й диапазон риска) [12]. Как и для профессионального КР, основной вклад в многосредовой КР вносит мышьяк [11].

В ходе периодического медицинского осмотра (ПМО) у рабочих, занятых в профессиях с неприемлемым КР, были определены опухолевые маркеры сыворотки крови Cyfra 21.1, CEA и NSE. Как показали наши исследования, превышение уровней опухолевых маркеров об-

наружено у 73 % осмотренных, из них у 19 % работающих были превышены уровни сразу двух онкомаркеров. У 9 % обследованных отмечено превышение онкомаркера Cyfra 21.1, у 14,5 % – выявлены высокие уровни опухолевого маркера CEA, а у 59 % – NSE.

Полученные нами данные о канцерогенной опасности медеплавильного производства нашли подтверждение в результатах эпидемиологического изучения смертности от ЗН рабочих МПЦ. Интенсивные показатели смертности рабочих-мужчин МПЦ, занятых в плавильном и конвертерном отделениях, по всем локализациям, вместе взятым, составили 153,14. А у мужчин, относящихся к населению, – 127,25 на 100 000. У занятых в производстве черновой меди рабочих превышение интенсивных показателей смертности над таковыми у населения выявлено по ЗН органов дыхания и грудной клетки (86,78 и 47,72 соответственно), в том числе по раку легких (71,47 и 43,48 соответственно). Наибольшая разница в уровнях смертности от рака легких рабочих МПЦ и контрольного населения отмечена в возрастной группе 50–59 лет (425,53 и 159,57 соответственно) ($p < 0,05$).

Как видно из табл. 2, статистически значимая кратность превышения наблюдаемой смертности над «ожидаемой» отмечена среди мужчин МПЦ по ЗН органов дыхания и грудной клетки (2,13 раза), в том числе опухолям трахеи, бронхов и легких (1,91 раза) и полости носа и гортани (6,07 раза). Кроме этого, превышение наблюдаемой смертности над «ожидаемой» отмечено по ЗН мочеполовых органов (1,72 раза), в том числе половым (4,66 раза), опухолям кишечника (1,57 раза) и прочим локализациям (3,82 раза).

Таблица 2

Отношение наблюдаемых показателей смертности от злокачественных новообразований к «ожидаемым» у мужчин медеплавильного цеха (на 100 тыс. населения)

№ п/п	Локализация новообразований	Наблюдаемые	«Ожидаемые»	Кратность отношения наблюдаемых показателей к «ожидаемым»
1	Полость рта и глотки	–	$3,70 \pm 0,88$	–
2	Органы дыхания и грудной клетки, в том числе:	$86,78 \pm 21,04$	$40,70 \pm 2,94$	2,13*
	– трахея, бронхи, легкие	$71,47 \pm 19,09$	$37,40 \pm 2,82$	1,91
	– полость носа и гортань	$15,31 \pm 8,84$	$2,52 \pm 0,73$	6,07
	– плевра и средостение	–	$0,78 \pm 0,41$	–
3	Органы пищеварения и брюшины, в том числе:	$25,52 \pm 11,41$	$43,92 \pm 3,05$	0,58
	– пищевод	–	$2,04 \pm 0,66$	–
	– желудок	$15,31 \pm 8,84$	$24,57 \pm 2,28$	0,62
	– кишечник	$10,21 \pm 7,22$	$6,49 \pm 1,17$	1,57
	– печень	–	$3,48 \pm 0,86$	–
	– поджелудочная железа	–	$5,88 \pm 1,12$	–
	– прочие	–	$1,46 \pm 0,55$	–

Окончание табл. 2

№ п/п	Локализация новообразований	Наблюдаемые	«Ожидаемые»	Кратность отношения наблюдаемых показателей к «ожидаемым»
4	Костно-мышечная система, соединительная ткань, кожа, в том числе:	–	$4,32 \pm 0,96$	–
	– кожа	–	$1,12 \pm 0,49$	–
	– кости и соединительная ткань	–	$3,20 \pm 0,82$	–
5	Мочеполовые органы, в том числе:	$15,31 \pm 8,84$	$8,90 \pm 1,37$	1,72
	– половые органы	$10,21 \pm 7,22$	$2,19 \pm 0,68$	4,66
	– мочевыделительные органы	$5,10 \pm 5,11$	$6,71 \pm 1,19$	0,76
6	Лимфатические органы и кроветворная система	$5,11 \pm 5,11$	$5,63 \pm 1,09$	0,91
7	Прочие	$20,42 \pm 10,21$	$5,34 \pm 1,06$	3,82
8	Все локализации, вместе взятые	$153,14 \pm 27,94$	$112,51 \pm 4,88$	1,36

Пр и м е ч а н и е : * – различия статистически достоверны ($p < 0,05$).

Полученные результаты позволят разработать систему управления КР, включающую регламентационно-контролирующие, организационно-управленческие, технико-технологические, финансово-экономические, медико-профилактические и реабилитационные, а также информационно-образовательные мероприятия. При этом основными критериями для принятия стратегии управленческих решений должны стать обеспечение гигиенической безопасности и возможность технического достижения цели управления риском с учетом экономической эффективности принятия управленческих решений. В перспективе должны использоваться технологии страхования гражданской ответственности в связи с непредвиденным нанесением ущерба здоровью и добровольного медицинского страхования работающего населения.

Выводы:

1. При получении черновой меди КР, обусловленный экспозицией к мышьяку, кадмию,

свинцу, никелю, бериллию, бенз(а)пирену, находится в неприемлемом диапазоне при отсутствии превышения ПДК воздействующих канцерогенов и определяется, в основном, мышьяком.

2. Наибольшие значения КР отмечаются у профессий, рабочие места которых характеризуются наибольшим выделением пыли, а также при выполнении ремонтных и вспомогательных работ.

3. У большинства рабочих, занятых в профессиях с неприемлемым уровнем КР, отмечено превышение опухолевых маркеров.

4. Разница в интенсивных показателях смертности от ЗН различной локализации у работающих МПЦ и населения свидетельствует о достоверной связи новообразований с воздействием канцерогенных факторов производственной среды.

5. Полученные результаты позволяют обосновать комплекс мероприятий по управлению канцерогенными рисками, обусловленными производственной деятельностью.

Список литературы

1. Адриановский В.И., Липатов Г.Я. Использование оценки профессионального канцерогенного риска для рабочих, занятых в обогащении медьсодержащих руд // Санитарный врач. – 2013. – № 10. – С. 46–49.
2. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Лестев М.П. Гигиеническая характеристика воздуха рабочей зоны в современном производстве черновой меди // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 7. – С. 16–20.
3. Липатов Г.Я., Адриановский В.И. Выбросы вредных веществ от металлургических корпусов медеплавильных заводов // Санитарный врач. – 2013. – № 8. – С. 41–43.
4. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Гоголева О.И. Химические факторы профессионального риска у рабочих основных профессий в металлургии меди и никеля // Гигиена и санитария. – 2015. – № 2. – С. 64–67.
5. Мельцер А.В., Киселев А.В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 4. – С. 1–5.
6. Методические указания по ретроспективному изучению смертности от злокачественных новообразований в связи с возможным действием производственных факторов. – Свердловск: НИИ гигиены труда и профзаболеваний, 1980. – 23 с.
7. Оценка предикторов и маркеров злокачественных новообразований легких у работников металлургического предприятия / Ю.В. Грибова, Т.В. Бушуева, Н.А. Рослая, Е.А. Силантьева, А.К. Лабзова, О.Г. Шмодина // Вестник уральской медицинской академической науки. – 2015. – № 2. – С. 32–36.
8. 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.

9. Результаты и методологические аспекты оценки канцерогенной опасности субъектов хозяйственной деятельности на примере Свердловской области / В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин, И.А. Власов, Е.А. Кузьмина, Г.Я. Липатов, Э.Г. Плотко, В.О. Рузаков, В.И. Адриановский, Н.И. Кочнева, И.Л. Путилов // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2013. – № 4. – С. 6–8.
10. Результаты изучения пылевого фактора в пирометаллургии меди / В.И. Адриановский, Г.Я. Липатов, Н.В. Зебзеева, Е.А. Кузьмина // *Гигиена и санитария*. – 2016. – № 4. – С. 347–350.
11. Результаты многосредовой оценки риска для здоровья населения в промышленно развитых городах Свердловской области / С.В. Кузьмин, Л.И. Привалова, А.С. Корнилов, Е.А. Кузьмина, С.В. Ярушин, Э.Г. Плотко // *Уральский медицинский журнал*. – 2012. – № 10. – С. 12–14.
12. Результаты оценки канцерогенной опасности с поэтапной реализацией комплекса санитарно-гигиенических и медико-профилактических мероприятий / В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин, Г.Я. Липатов, В.И. Адриановский, Н.В. Зебзеева, О.Ю. Береснева, Т.В. Бушуева, В.О. Рузаков // *Вестник уральской медицинской академической науки*. – 2015. – № 2. – С. 43–46.
13. Результаты сравнительной оценки канцерогенных рисков у работающих при разных способах получения черновой меди / Н.В. Зебзеева, Г.Я. Липатов, Е.А. Кузьмина, К.Ю. Русских // *Вестник уральской медицинской академической науки*. – 2015. – № 2. – С. 50–52.
14. Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья // *Гигиена и санитария*. – 2012. – № 5. – С. 95–98.
15. Серебряков П.В. Подходы к оптимизации экспертизы профессиональных злокачественных новообразований // *Вестник уральской медицинской академической науки*. – 2015. – № 2. – С. 80–83.
16. Стратегия развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-28122012-n-2580-r/> (дата обращения: 11.08.2016).
17. Arsenic and arsenic compounds [Электронный ресурс]. IARC Monographs – 100C. – 2012. – pp. 41–93. – URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-6.pdf> (дата обращения: 28.10.2016).
18. Chapter 27 – Biological monitoring // ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. – Part IV – Tools and Approaches. – URL: http://www.ilocis.org/documents/chpt27e.htm#JD_Ch27_3 (дата обращения: 23.09.2016).
19. Lauwerys R.R., Hoet P. Industrial Chemical Exposure: Guidelines for Biological Monitoring. – CRC Press LLC, 2011, 3rd ed. – P. 36–49.
20. Neuron-specific enolase and Lung cancer / D. Karnak, S. Beder, O. Kayacan [et al.] // *Am. J. Clin. Oncol.* – 2005. – Vol. 28, № 6. – P. 586–590.

Оценка профессионального канцерогенного риска для здоровья работников предприятия по получению черновой меди / В.И. Адриановский, Г.Я. Липатов, Е.А. Кузьмина, Н.В. Злыгостева, К.Ю. Русских, Н.П. Шарипова, Т.В. Бушуева, В.О. Рузаков // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 98–105. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.11

UDC 613.6-616-057: 616-006.1

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.11.eng

ASSESSING OCCUPATIONAL CARCINOGENIC RISKS FOR HEALTH OF WORKERS EMPLOYED AT BLISTER COPPER PRODUCTION ENTERPRISE

V.I. Adrianovskiy^{1,2}, G.Ya. Lipatov^{1,2}, E.A. Kuz'mina¹, N.V. Zlygosteva^{1,2}, K.Yu. Russkikh¹, N.P. Sharipova², T.V. Bushueva¹, V.O. Ruzakov³

¹Yekaterinburg Medical Scientific Center for Prevention and Health Protection for workers employed at industrial enterprises, 30 Popova Str., Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

²Ural State Medical University, 3 Repina Str., Yekaterinburg, 62002, Russia Federation

³Administration of the Federal Supervision Service for Consumer's Rights Protection and Human Welfare in the Sverdlovsk Region, 3 Otdelnyi pereulok, 620078, Russian Federation

In order to develop ideological grounds for complex assessment of industrial carcinogenic danger, we performed hygienic assessment of contribution made by working environment factors into carcinogenic risks formation for workers employed at blister copper production. The assessment included predictive values of occupational risks. We determined tumor markers levels for occupations with unacceptable levels of carcinogenic risks. We examined mortality caused by malignant neoplasms. It is shown that non-organic arsenic compounds applied in blister copper production are the main factor causing carcinogenic risks. As we calculated individual carcinogenic risks for 25-year working period we found out that total carcinogenic risks for all basic and supplementary occupations in copper-smelting workshops were within the 4th range (more than 1.0×10^{-3}). Unacceptable predictive values of carcinogenic risks for 100 % examined occupations appeared already after 5 years of work. We detected excess levels

of tumor markers in 73 % of examined workers with occupations characterized with unacceptable values of carcinogenic risks; 19 % of such workers had excess levels of two tumor markers at once. 9 % of examined workers had excess levels of Cyfra 21.1 tumor marker, 14,5 % of workers had high levels of CEA tumor marker, and 59 % of workers had high levels of NSE tumor marker. Intensive mortality indices for male workers employed at copper-smelting workshops as per all localizations amounted to 153.14, whereas they amounted to only 127.25 per 100,000 people for other population groups. Workers employed at blister copper production had higher intensive mortality indices than other people in terms of such nosologies as malignant neoplasms in respiratory organs and chest (86.78 and 47.72 correspondingly), including lung cancer (71.47 and 43.48 correspondingly). The obtained results will help to work out a system for managing carcinogenic risks which will include regulating and controlling activities, managerial activities, technical and technological measures, financial and economic activities, medical and prevention activities plus rehabilitation activities, as well as information and educational activities.

Key words: blister copper production, occupational individual carcinogenic risk, mortality caused by malignant neoplasms, tumor markers, carcinogenic risk management, arsenic, nickel, lead, cadmium.

References

1. Adrianovskii V.I., Lipatov G.Ya. Ispol'zovanie otsenki professional'nogo kantserogen'nogo riska dlya rabochikh, zanyatykh v obogashchenii med'soderzhashchikh rud [Use of estimates of professional carcinogenic risk to workers employed in the enrichment of copper containing ores]. *Sanitarnyi vrach*, 2013, no. 10, pp. 46–49 (in Russian).
2. Adrianovskii V.I., Lipatov G.Ya., Lestev M.P. Gigienicheskaya kharakteristika vozdukh rabochei zony v sovremennom proizvodstve chernovoi medi [Hygienic characteristics of occupational air in the modern copper blister production]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2012, no. 7, pp. 16–20 (in Russian).
3. Lipatov G.Ya., Adrianovskii V.I. Vybrosty vrednykh veshchestv ot metallurgicheskikh korpusov medeplavil'nykh zavodov [Hygienic estimation of harmful substances emissions from metallurgical units of copper plants]. *Sanitarnyi vrach*, 2013, no. 8, pp. 41–43 (in Russian).
4. Lipatov G.Ya., Adrianovskii V.I., Gogoleva O.I. Khimicheskie faktory professional'nogo riska u rabochikh osnovnykh professii v metallurgii medi i nikelya [Chemical air pollution of the occupational environment as a factor for professional risk for workers of main occupations in the copper and nickel metallurgy]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, no. 2, pp. 64–67 (in Russian).
5. Mel'tser A.V., Kiselev A.V. Gigienicheskoe obosnovanie kombinirovannykh modelei otsenki professional'nogo riska [Hygienic basis for combined models assessing occupational risks]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2009, no. 4, pp. 1–5 (in Russian).
6. Metodicheskie ukazaniya po retrospektivnomu izucheniyu smernosti ot zlokachestvennykh novoobrazovaniy v svyazi s vozmozhnym deistviem proizvodstvennykh faktorov [Methodical guidelines on retrospective study of mortality caused by malignant neoplasms in relation to influence possibly exerted by production factors]. Sverdlovsk, NII gigieny truda i profzabolevaniy Publ., 1980, 23 p.
7. Gribova Yu.V., Bushueva T.V., Roslaya N.A., Silant'eva E.A., A.K. Labzova, Shmonina O.G., Otsenka prediktorov i markerov zlokachestvennykh novoobrazovaniy legkikh u rabotnikov metallurgicheskogo predpriyatiya [Assessment of the predictors and markers of malignant tumors in the lungs of metallurgical plant workers]. *Vestnik uralskoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*, 2015, no. 2, pp. 32–36 (in Russian).
8. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ya naseleniya pri vozdejstvii himicheskikh veshchestv, zagriznjajushhih okruzhajushhuju sredu R 2.1.10.1920-04 [Guide to health risk assessment when exposed to chemicals polluting the environment R 2.1.10.1920-04 P]. Moscow: Federal'nyj centr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004, 143 p. (in Russian).

© Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V., Russkikh K.Yu., Sharipova N.P., Bushueva T.V., Ruzakov V.O., 2017

Vadim I. Adrianovskiy – Candidate of Medical Sciences, associate professor; senior researcher at cancer prevention epidemiology laboratory (e-mail: adrianovsky@k66.ru; tel.: +7 (343) 253-14-56).

Georgiy Ya. Lipatov – Doctor of Medical Sciences, Professor; head of cancer prevention epidemiology laboratory (e-mail: lipatovg@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-14-56).

Elena A. Kuz'mina – Candidate of Medical Sciences, head of complex hygienic problems and population morbidity prevention department (e-mail: risk@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 371-81-29).

Natalia V. Zlygosteva – junior researcher at cancer prevention epidemiology laboratory (e-mail: kirakirazn@gmail.com; tel.: +7 (343) 253-14-56).

Kseniya Yu. Russkikh – junior researcher at cancer prevention epidemiology laboratory (e-mail: russkikh-300185@mail.ru; tel.: +7(343) 253-14-56).

Natalia P. Sharipova – Candidate of Medical Sciences, assistant at hygiene and occupational diseases department (e-mail: isaeva20a@yandex.ru; tel.: +7 (343) 214-86-93).

Tatyana V. Bushueva – Candidate of Medical Sciences, leading researcher at "Diagnostics Research Techniques" Scientific Production Association (e-mail: gribova@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 371-27-48).

Vadim O. Ruzakov – head of Labour hygiene control department (e-mail: mail@66.rosпотреbnadzor.ru; tel.: +7 (343) 270-15-69).

9. Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Vlasov I.A., Kuz'mina E.A., Lipatov G.Ya., Plotko E.G., Ruzakov V.O., Adrianovskii V.I., Kochneva N.I., Putilov I.L. Rezul'taty i metodologicheskie aspekty otsenki kantserogennoi opasnosti sub"ektov khozyaistvennoi deyatel'nosti na primere Sverdlovskoi oblasti [results and methodological aspects of the carcinogenic risk assessment for economic agents through the example of the Sverdlovsk region]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 4, pp. 6–8 (in Russian).
10. Adrianovskii V.I., Lipatov G.Ya., Zebzeeva N.V., Kuz'mina E.A. Rezul'taty izucheniya pylevogo faktora v pirometal-lurgii medi [Results of dust factor in copper pyrometallurgy]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, no. 4, pp. 347–350 (in Russian).
11. Kuz'min S.V., Privalova L.I., Kornilkov A.S., Kuz'mina E.A., Yarushin S.V., Plotko E.G. Rezul'taty mnogosredovoi otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya v promyshlenno razvitykh gorodakh Sverdlovskoi oblasti [The results of the multimedia health risk assessment in industrially developed cities of the Sverdlovsk region]. *Ural'skii meditsinskii zhurnal*, 2012, no. 10, pp. 12–14 (in Russian).
12. Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Lipatov G.Ya., Adrianovskii V.I., Zebzeeva N.V., Beresneva O.Yu., Bushueva T.V., Ruzakov V.O. Rezul'taty otsenki kantserogennoi opasnosti s poetapnoi realizatsiei kompleksa sanitarno-gigienicheskikh i mediko-profilakticheskikh meropriyatii [The results of the evaluation of carcinogenic hazard with a phased implementation of a set of sanitary and medical preventive measures in the context of copper smelting enterprises]. *Vestnik ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*, 2015, no. 2, pp. 43–46 (in Russian).
13. Zebzeeva N.V., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A., Russkikh K.Yu. Rezul'taty sravnitel'noi otsenki kantsero-gennykh riskov u rabotayushchikh pri raznykh sposobakh polucheniya chernovoi medi [The results of the compara-tive evaluation of carcinogenic risks in workers employed in different ways of producing blister copper]. *Vestnik ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*, 2015, no. 2, pp. 50–52 (in Russian).
14. Serebryakov P.V. Ispol'zovanie otsenki kantserogenного риска na gornorudnykh i metallurgicheskikh predpriyatiyakh Zapolyar'ya [Using the evaluation of carcinogenic risk in the mining and metallurgical enterprises of the Arctic]. *Gigiena i sanitariya*, 2012, no. 5, pp. 95–98 (in Russian).
15. Serebryakov P.V. Podkhody k optimizatsii ekspertizy professional'nykh zlokachestvennykh novoobra-zovanii [Approaches to optimization of the occupational cancersexamination process]. *Vestnik ural'skoi meditsin-skoi akademicheskoi nauki*, 2015, no. 2, pp. 80–83 (in Russian).
16. Strategiya razvitiya meditsinskoi nauki v rossiiskoi federatsii na period do 2025 goda [Development strat-egy for medical science in the Russian Federation for the period till 2025]. Available at: <http://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-28122012-n-2580-r/> (11.08.2016) (in Russian).
17. Arsenic and arsenic compounds. IARC Monographs – 100C, 2012, pp. 41–93. Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-6.pdf> (28.10.2016).
18. Chapter 27 – Biological monitoring. *ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, Part IV – Tools and Approaches. Available at: http://www.ilocis.org/documents/chpt27e.htm#JD_Ch27_3 (28.10.2016).
19. Lauwerys R.R., Hoet P. Industrial Chemical Exposure: Guidelines for Biological Monitoring. CRC Press LLC, 2001, pp. 36–49.
20. Karnak D., Beder S., Kayacan O. et. al. Neuron-specific enolase and Lung cancer. *Am. J. Clin. Oncol*, 2005, vol. 28, no. 6, pp. 586–590.

Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Kuz'mina E.A., Zlygosteva N.V., Russkikh K.Yu., Sharipova N.P., Bushueva T.V., Ruzakov V.O. Assessing occupational carcinogenic risks for health of workers employed at blister copper production enterprise. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 98–105. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.11.eng

Получена: 09.10.2017

Принята: 02.02.2017

Опубликована: 30.03.2017

РИСКИ РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТРЕСС

З.Ф. Гимаева¹, Л.К. Каримова², А.Б. Бакиров², В.А. Капцов³, Д.Х. Калимуллина¹

¹Башкирский государственный медицинский университет, Россия, 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3

²Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94

³Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены Роспотребнадзора, Россия, 125438, г. Москва, Пакгаузное шоссе, 1, корп. 1

Изучалась значимость психосоциальных факторов в развитии профессионального стресса и сердечно-сосудистых заболеваний у работников нефтехимических производств, а также разработка комплекса профилактических мероприятий. В результате гигиенических и социально-психологических исследований выявлены факторы, вызывающие формирование стрессового состояния у работников нефтехимических производств, среди которых химическое воздействие, шум, неблагоприятный микроклимат, тяжесть и напряженность труда. Наиболее значимыми психосоциальными факторами для работников являлись высокая степень риска для собственной жизни и ответственность за безопасность других лиц, работа в условиях дефицита времени с повышенной ответственностью за конечный результат. При анкетировании установлено, что наличие стресса на работе отмечали 74 % аппаратчиков, 63 % слесарей КИПиА и 57 % слесарей-ремонтников. При этом 38 % работников субъективно оценивали свою повседневную профессиональную деятельность как имеющую выраженный «стрессовый характер». В результате тестирования выявлены повышенные показатели по шкале тревоги (HADS) у 48 % работников различных профессий, по шкале депрессии (HADS) – у 23 %. Наиболее распространенной нозологической формой хронических неинфекционных заболеваний являлась гипертоническая болезнь (ГБ), которая определена у 46,1 % операторов, у 45,2 % слесарей по ремонту технологических установок. У 30,1 % слесарей КИПиА отмечается средняя степень обусловленности ГБ производственными факторами. Установлена прямая зависимость уровня дисциплины от возраста и стажа работы.

Обоснован комплекс профилактических мероприятий и разработана программа повышения стрессоустойчивости работников на корпоративном и индивидуальном уровнях, что обеспечит значительный социальный, а в перспективе и экономический эффект. Для преодоления социального стресса необходимо создание безопасных условий труда на рабочих местах, повышение трудовой мотивации, основанной на возможности карьерного роста.

Ключевые слова: работники нефтехимических производств, аппаратчики, профессиональный стресс, сердечно-сосудистые заболевания, факторы риска, стрессоустойчивость, профилактика.

Одной из отличительных особенностей современного общества является возникновение или усиление значимости профессионального стресса [13, 17, 21].

В ходе исследований на территориях 27 государств Европейского союза были оценены психологическое благополучие и психологический дистресс 12 594 работников. Одна треть опрошенных респондентов основными причинами стресса на рабочем месте назвала финансовые трудности и отсутствие стабильности [24].

В России актуальность данной проблемы еще более высока. Это обусловлено сложившейся социально-экономической ситуацией, для которой характерны нестабильность, спад производства, невысокий средний подушевой доход населения, повышение интенсивности труда, отсутствие эффективной трудовой мотивации, в ряде случаев – безработица [3, 12].

Высокие нервно-эмоциональные и информационные нагрузки формируют состояние напряжения и перенапряжения организма работ-

© Гимаева З.Ф., Каримова Л.К., Бакиров А.Б., Капцов В.А., Калимуллина Д.Х., 2017

Гимаева Зульфия Фидиевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии и клинической фармакологии (e-mail: gzf-33@mail.ru; тел.: 8 (347) 228-75-36).

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

Бакиров Ахат Бариевич – доктор медицинских наук, профессор, академик АН РБ, директор (e-mail: fbun@uniimtech.ru; тел.: 8 (347) 255-56-84).

Капцов Валерий Александрович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор (e-mail: karpovva39@mail.ru; тел.: 8 (499) 153-36-28).

Калимуллина Дилара Хатимовна – доктор медицинских наук, профессор кафедры терапии и клинической фармакологии (e-mail: rectorat@bashgmu.ru; тел.: 8 (347) 228-75-36).

ников, что приводит к развитию утомления, а при недостаточном восстановлении ресурсов – к выраженному переутомлению, формированию производственного стресса и нарушению здоровья [13, 14, 23].

Одной из основных причин возникновения «социального стресса» является утрата населением эффективной трудовой мотивации, низкая оплата труда, неуверенность в завтрашнем дне, боязнь потерять работу [3, 20, 28]. По данным ряда авторов, в настоящее время более 10 % работоспособного населения живет в условиях постоянного социального и производственного стресса [5, 8, 18].

Психоэмоциональные факторы являются причиной так называемых «болезней стресса», к которым относят различные психосоматические заболевания, в том числе невротические расстройства, заболевания системы кровообращения (БСК), сахарный диабет, язвенную болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, отдельные злокачественные заболевания. Наиболее часто высокая нервно-эмоциональная нагрузка повышает риск развития гипертонической болезни (ГБ) и ишемической болезни сердца (ИБС) [9, 22, 25, 27].

По данным исследования INTERHEART (2005) вклад психосоциальных факторов в риск возникновения инфаркта миокарда (ИМ) составил 32,5 % [19]. По результатам проспективного этапа российского компонента исследования «КОРДИНАТА» было установлено, что депрессивная симптоматика ухудшает прогноз у больных артериальной гипертензией (АГ) и ишемической болезнью сердца, приводит к инвалидизации и увеличивает расходы системы здравоохранения [5, 6]. В современной литературе представлены объективные данные, характеризующие развитие производственного стресса у работников социальной сферы, служб правопорядка, профессий операторского труда [1, 2, 4, 17, 26]. Вместе с тем в доступной литературе отсутствуют сведения о психологическом статусе работников нефтехимических производств, условия труда которых характеризуются воздействием неблагоприятных факторов рабочей среды и трудового процесса, что определяет актуальность данного исследования.

Нефтехимические предприятия относятся к опасным производственным объектам вследствие использования вредных веществ 1–3-х классов опасности, в том числе обладающих большой взрыво- и пожароопасностью, а также использованием высокотемпературных режимов,

что увеличивает риск возникновения предаварийных и аварийных ситуаций [7, 10, 11]. Свидетельством тому являются многочисленные техногенные аварии, произошедшие за последние годы как за рубежом так и в России и повлекшие за собой тяжелые последствия, в том числе гибель людей (Китай, 2005, 2007; Тобольск, 2007; Буденновск, 2008; Забайкалье, 2010; Хабаровск, 2011; Венесуэла, 2012; Кириши, 2012; Ачинск, 2014; Уфа, 2016).

Анализ состояния аварийности и инцидентов в нефтехимических производствах показал, что причины более 70 % аварий обусловлены человеческим фактором. Основные причины несчастных случаев носят организационный характер и происходят из-за нарушения правил техники безопасности, неудовлетворительной организации труда, недостатков обучения работников безопасности труда. Неправильные действия даже одного работающего могут привести к аварии на производстве, что в ряде случаев ставит под угрозу само существование предприятия. Поэтому вопросы надежности персонала в обеспечении безопасности нефтехимических производства особенно актуальны [7, 11].

Цель исследования – изучение значимости психосоциальных факторов в развитии профессионального стресса и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) у работников нефтехимических производств и разработка комплекса профилактических мероприятий.

Материалы и методы. Для оценки значимости факторов производственной природы были проведены гигиенические и социально-психологические исследования, включающие анонимное анкетирование по специально разработанным анкетам и психологическое тестирование (тестовый метод) с использованием Госпитальной шкалы тревоги и депрессии – Hospital Anxiety and Depression Scale – HADS (1983). При интерпретации результатов учитывался суммарный показатель тревоги и депрессии, в котором выделяли три области значений: 1) 0–7 – норма (отсутствие достоверных выраженных симптомов тревоги и депрессии); 2) 8–10 – субклинически выраженная тревога/депрессия; 3) 11 и выше – клинически выраженная тревога/депрессия.

Состояние здоровья работников было оценено по материалам углубленных медицинских осмотров с участием кардиолога и использованием функциональных методов исследования, включающих электрокардиографию.

Для оценки состояния липидного обмена были проведены биохимические исследования, которые включали в себя определение содержания общего холестерина (ОХ), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП), содержание триглицеридов (ТГ), содержание холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП), индекса атерогенности (ИА). Для оценки профессионального риска определялись относительный риск (*RR*) и этиологическая доля (*EF*) факторов рабочей среды в развитии ССЗ и степень их обусловленности [15].

Углубленным медосмотром было охвачено 1800 мужчин разных профессий в возрасте от 18 до 59 лет, средний возраст – 40,2 г., общий профессиональный стаж в среднем 16,8 г. В анкетировании приняло участие 430 работников.

В зависимости от условий труда были выделены три сопоставимые по возрасту и стажу работы группы. В 1-ю основную группу включены работники по профессии аппаратчика ($n = 936$), 2-я группа состояла из слесарей по ремонту оборудования ($n = 384$), 3-я (группа сравнения) – была представлена слесарями по ремонту контрольно-измерительных приборов (КИП и А) ($n = 480$).

Результаты и их обсуждение. В целом условия труда работников основных профессий нефтехимических производств (аппаратчики, слесари-ремонтники), согласно Р 2.2.2006-05, в большинстве случаев относятся к вредным и соответствуют параметрам классов условий труда 3.1–3.3, слесари КИП и А – к допустимому классу.

В процессе трудовой деятельности на организм работников современных нефтехимических производств воздействуют стрессовые факторы различной природы и интенсивности, в том числе факторы производственной среды и трудового процесса:

- вредные химические вещества (класс условий труда 2.0–3.1);
- производственный шум (класс условий труда 3.1–3.3);
- вибрация (класс условий труда 2.0);
- неблагоприятный микроклимат (класс условий труда 2.0–3.1);
- отсутствие регламентированного перерыва;
- факторы напряженности трудового процесса: интеллектуальные, сенсорные и эмоциональные нагрузки.

Преобладающим фактором для аппаратчиков является шум и напряженность труда, для

слесарей по ремонту оборудования – шум и тяжесть труда в сочетании с комплексом химических веществ.

Особое внимание было уделено оценке напряженности трудового процесса у работников различных профессиональных групп.

Класс условий труда аппаратчиков технологических установок по напряженности трудового процесса соответствует вредному классу 3.1 в связи с обслуживанием взрыво-, пожароопасных производств, риском для собственной жизни, степенью ответственности за безопасность других людей и конечный результат, значимостью ошибки, а также трехсменной работой, включающей ночную смену. Труд слесарей-ремонтников и слесарей по КИП и А отнесен к допустимому классу (таблица).

Как показали результаты анкетирования работников различных профессий, наличие стресса на работе отмечали 74 % аппаратчиков, 63 % слесарей КИП и А и 57 % слесарей-ремонтников. При этом 38 % работников субъективно оценивали свою повседневную профессиональную деятельность как имеющую выраженный «стрессовый характер». Вредной и опасной свою работу считали 69,9 % респондентов, 62,0 % опрошенных указали на интенсивный производственный шум, 25,7 % – на пожаро- или взрывоопасность, 18,0 % – на повышенную или пониженную температуру воздуха, 13,4 % – на трехсменный режим работы. Наличием загазованности обеспокоены 54 % из числа обследованных. Другие опасные производственные факторы респондентами были отмечены в меньшем количестве случаев. Только 12,1 % работников считают, что их условия труда являются безопасными.

Организацией труда на производстве удовлетворены 68 % работников, условиями труда – 64 %, обеспеченностью спецодеждой – 92 %. Необходимо отметить, что оплатой труда и моральным стимулированием удовлетворены менее двух третей опрошенных и 55 % работников не довольны отсутствием продвижения по служебной лестнице. При этом больше половины работников не считали возможности карьерного роста равными для всех. Морально-психологический климат в коллективе, взаимоотношения между членами коллектива устраивали 74 % респондентов. Профессиональной помощью руководителя и межличностными взаимоотношениями с ним удовлетворены 68 % опрошенных. По результатам опроса 18 % работников отмечали наличие конфликтов с коллегами на работе. Наиболее частыми причинами конфликтов являлись

Показатели факторов напряженности трудового процесса на рабочих местах нефтехимических производств

Показатель напряженности	Аппаратчик технологических установок	Слесарь по КИП и А; слесарь-ремонтник
Содержание работы	Решение сложных задач	Решение простых задач по инструкции
Класс условий труда	3.1	2
Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций
Класс условий труда	3.1	2
Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания. Влечет за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса и может возникнуть опасность для жизни	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мастера)
Класс условий труда	3.2	2
Степень риска для собственной жизни	Вероятна	Вероятна
Класс условий труда	3.2	3.2
Степень ответственности за безопасность других лиц	Возможна	Возможна
Класс условий труда	3.2	3.2
Сменность работы	Трехсменная работа (работа в ночную смену)	Двухсменная работа (без ночной смены)
Класс условий труда	3.1	2
Общая оценка напряженности труда	3.1	2

неудовлетворительная организация труда и производства, распределение премий, доплат, состояние трудовой дисциплины. Несмотря на это, только 9 % респондентов выразили желание перейти в другой коллектив.

По результатам анкетирования выявлено ранжирование производственных проблем, обуславливающих состояние тревоги у работников нефтехимической промышленности за 6 месяцев: работа в условиях дефицита времени с повышенной ответственностью за конечный результат (23,2 %), значительные перемены в работе (19,4 %). Лишь 27,8 % респондентов в производственных условиях не испытывали тревоги.

Следует отметить, что на наличие стрессовых ситуаций на рабочих местах и на отсутствие поддержки со стороны родственников часть работников может реагировать так называемым дистрессом, который нередко сопровождается чрезмерным потреблением спиртных напитков. По результатам анкетирования работники, не находившие эмоциональной поддержки со стороны родственников, часто употребляли алкоголь (свыше 28,2 % опрошенных). Работников, имевших благоприятный психологический климат в семье, было всего 9,1 %. Из алкогольных

напитков 16,0 % респондентов употребляли пиво, 12,3 % – вино и 6,9 % – крепкие спиртные напитки. Мы считаем, что при ответах на данные вопросы респонденты, по понятным причинам, не всегда были искренни, в связи с чем полученные данные оцениваем как несколько заниженные.

В результате тестирования по шкале HADS в группе аппаратчиков субклиническая тревога встречалась в 2,4 раза чаще, чем в группе слесарей КИП и А (32,3 и 13,4 % соответственно), а субклиническая депрессия – в 3 раза чаще (17,5 и 5,8 % соответственно). Следует отметить, что в группе слесарей-ремонтников, по сравнению с группой слесарей КИП и А, субклиническая тревога выявлена в 1,9 раза чаще (25,1 и 13,4 % соответственно), а субклиническая депрессия – в 2,1 раза чаще (12,4 и 5,8 % соответственно).

Клиническая тревога диагностирована в группе аппаратчиков в 7,9 % случаев, в группе слесарей-ремонтников – в 4,3 %, в группе слесарей КИП и А – в 1,3 %. Клиническая депрессия выявлена в 1-й и 2-й группах (1,7 и 0,9 % случаев соответственно). В группе сравнения случаи клинической депрессии не зафиксированы (рисунок).

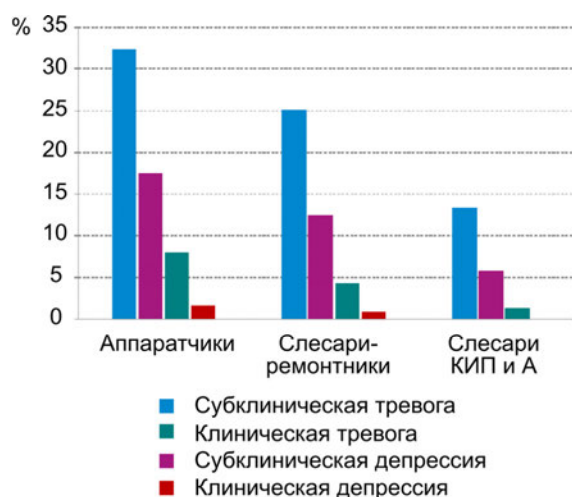


Рис. Частота психосоциальных факторов у работников различных профессиональных групп

В структуре выявленных хронических неинфекционных заболеваний у работников нефтехимических производств преобладали болезни системы кровообращения, представленные в основном гипертонической болезнью (ГБ), цереброваскулярными заболеваниями (ЦВЗ) и ишемической болезнью сердца (ИБС).

Наиболее распространенной нозологической формой ССЗ являлась гипертоническая болезнь, которая определялась у 46,1 % операторов, у 45,2 % слесарей по ремонту технологических установок и у 30,1 % слесарей КИП и А. Определение относительного риска этиологической доли факторов рабочей среды в развитии ГБ выявило среднюю степень профессиональной обусловленности данного заболевания в группе аппаратчиков ($RR = 1,53$ и $EF = 35$ %) и слесарей по ремонту оборудования ($RR = 1,5$ и $EF = 33$ %).

В группе аппаратчиков и слесарей по ремонту оборудования при стаже работы 6–10 лет и 11–15 лет отмечено достоверное увеличение частоты ГБ и ЦВЗ по сравнению с аналогичными показателями слесарей КИП и А ($p < 0,05$).

Следует отметить, что синдром артериальной гипертензии у работников со стажем до 10 лет был в основном обусловлен вегетативно-сосудистой дисфункцией. У стажированных работников повышение артериального давления было обусловлено ГБ и атеросклеротическим поражением сосудов.

Ишемическая болезнь сердца была обнаружена у 4,3 % работников, постинфарктный кардиосклероз диагностирован только в возрастной группе старше 50 лет при стаже работы более 15 лет. ЭКГ-симптомы среди работников,

занятых в нефтехимических производствах, встречались у 22,1 % обследованных и были представлены в основном гипертрофией миокарда левого желудочка, нарушением возбудимости по типу суправентрикулярных и желудочковых экстрасистол.

В группе аппаратчиков установлена прямая умеренная зависимость уровней ХСЛПНП ($r = 0,58$), ОХС ($r = 0,56$), коэффициента атерогенности ($r = 0,34$) и триглицеридов ($r = 0,3$) от стажа работы.

Таким образом, результаты гигиенических исследований по оценке условий труда показали, что для всех профессиональных групп, наряду с воздействием химических и физических факторов рабочей среды, характерны повышенные нервно-эмоциональные нагрузки, обусловленные высокой степенью ответственности за результат деятельности и значимостью ошибок, а также степенью риска для собственной жизни и безопасности других лиц. Наиболее напряженным являлся труд аппаратчиков, который отнесен к вредному классу 3.1, труд слесарей соответствует допустимому классу. Психосоциальные факторы производственной и непроизводственной природы обуславливают возникновение профессионального стресса преимущественно у аппаратчиков.

Проведенное исследование диктует целесообразность разработки комплекса профилактических мероприятий по оптимизации условий труда работников нефтехимических производств, снижению факторов стресса. Все профилактические мероприятия можно разделить на первичные, вторичные, третичные. При этом первичная профилактика направлена на предотвращение возникновения стресса на рабочем месте путем устранения или уменьшения исходных причин и повышения степени психологической адаптации работников. Основными направлениями оптимизации труда и повышения стрессоустойчивости в профессиях с выраженными эмоциональными нагрузками должны быть: рациональная организация труда, автоматизация производства, создание благоприятного психологического климата в коллективе, повышение у работников уровня трудовой мотивации и изменение ее направленности, расширение возможности работников в принятии решений.

Вторичная профилактика направлена на помощь трудящимся, уже имеющим признаки психологического стресса. В нее включены меры, ослабляющие влияние проявлений стресса у работников, нацеленные на снижение или

устранение напряжения: обучение навыкам релаксации, позитивного мышления, информирование работников об уровне их переутомления и о возможных последствиях стресса, управление временем и стратегией разрешения конфликта. Одним из важных аспектов вторичной профилактики является повышение физической активности, устранение вредных привычек.

Третичная профилактика направлена на реабилитацию трудящихся, здоровье или самочувствие которых пострадало в результате хронических рабочих стрессов. Целью третичной профилактики является предупреждение прогрессирования психических и психосоматических заболеваний во избежание инвалидности и преждевременной смерти. Третичная профилактика предусматривает предоставление работникам конфиденциальных консультаций медицинского психолога, психотерапию.

Выводы:

1. Основными факторами риска формирования производственного стресса у работников изученных нефтехимических производств является воздействие вредных химических веществ, производственного шума, неудовлетворительных параметров микроклимата и психоэмоциональных и физических нагрузок. Условия труда

работников основных профессий относились к вредным и соответствовали, согласно Р2.2.2006-05, классам условий труда 3.1–3.3.

2. Большая часть респондентов удовлетворена организацией труда, взаимоотношениями в коллективе. Вместе с тем работники отмечают низкую мотивацию к труду, связанную с отсутствием возможности карьерного роста и недостаточной заработной платой.

3. Наиболее значимыми психосоциальными факторами для трудящихся на нефтехимических предприятиях являлись работа в условиях дефицита времени с повышенной ответственностью за конечный результат и социальная нестабильность в обществе.

4. У аппаратчиков и слесарей-ремонтников отмечается средняя степень профессиональной обусловленности ГБ производственными факторами. Установлена прямая зависимость уровня дислипидемии от возраста и стажа работы.

5. По результатам проведенного исследования обоснован комплекс профилактических мероприятий и разработана программа повышения стрессоустойчивости работников на корпоративном и индивидуальном уровнях, что обеспечит значительный социальный, а в перспективе и экономический эффект.

Список литературы

1. Биккинина Г.М., Кабышев В.Т. Оценка значимости психосоциальных факторов производственной и непроизводственной природы для сотрудников правоохранительных органов // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 1. – С. 19–23.
2. Бухтияров И.В., Рубцов М.Ю., Чесалин П. В. Валидизация оценки профессионального стресса у работников офисов // Экология человека. – 2012. – № 11. – С. 20–26.
3. Величковский Б.Т. Социальный стресс, трудовая мотивация и здоровье // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2005. – № 2. – С. 24–36.
4. Воздействие факторов трудового процесса / В.В. Матюхин, Э.Ф. Шардакова, О.И. Юшкова, В.В. Елизарова, Е.Г. Ямпольская, А.С. Порошенко, Л.П. Кузьмина // Воздействие на организм человека опасных и вредных производственных факторов. Медико-биологические аспекты: энциклопедия «Экометрия». – М., 2004. – Т. 1. – С. 344–441.
5. Депрессивная симптоматика ухудшает прогноз сердечно-сосудистых заболеваний и снижает продолжительность жизни больных артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца / Р.Г. Оганов, Г.В. Погосова, И.Е. Колтунов, Л.В. Ромасенко, А.Д. Деев, Ю.М. Юферева // Кардиология. – 2011. – Т. 51, № 2. – С. 59–66.
6. Депрессивная симптоматика ухудшает прогноз у больных артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца: первые результаты проспективного этапа российского многоцентрового исследования «КООРДИНАТА» / Е.И. Чазов, Р.Г. Оганов, Г.В. Погосова, А.Д. Деев, С.А. Шальнова, И.Е. Колтунов, Л.В. Ромасенко // Кардиология. – 2007. – Т. 41, № 10. – С. 24–30.
7. Дулясова М.В., Тарасова Л.Н. Профессиональные риски персонала на опасных производственных объектах нефтехимии и химии // Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России: материалы 5-й научно-технич. конф. – М., 2003. – 51 с.
8. Измеров Н.Ф., Матюхин В.В. Профессиональный стресс с позиции медицины труда: стрессоры, психофизиологические аспекты, здоровье, профилактика // Материалы II Всероссийского съезда врачей-профпатологов. – Ростов-н/Д., 2006. – С. 309–310.

9. Кардиоваскулярная профилактика: национальные рекомендации [Электронный ресурс] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – М., 2011. – Т. 10, № 6 (прил. 2). – URL: [www.gnicpm.ru/UserFiles/кардиоваскулярная % 20профилактика.pdf](http://www.gnicpm.ru/UserFiles/кардиоваскулярная%20профилактика.pdf) (дата обращения: 12.09.2016).
10. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 г. (действующая редакция, 2016) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 20.09.2016).
11. Обеспечение безаварийности опасных объектов на предприятии химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности / Ф.Г. Габибов, К.А. Бакиров, Г.О. Оджагов, В.А. Эвиев // Вестник Калмыцкого университета. – 2014. – Т. 23, № 3. – С. 46–50.
12. Оганов Р.Г., Концевая А.В., Калинина А.М. Экономический ущерб от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – М., 2011. – Т. 10, № 4. – С. 4–9.
13. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
14. Профилактика стрессовых нарушений у медицинских работников / Н.Ф. Кушнерова, В.Ю. Мерзляков, С.Е. Фоменко, В.Г. Спрыгин, Т.В. Момот, Л.Н. Богданович // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 6. – С. 44–48.
15. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 24 с.
16. Ушаков И.Б., Бухтияров И.В. Профессиональный стресс и психическое здоровье работающего населения // Материалы II Всероссийского съезда врачей-профпатологов. – Ростов-н/Д., 2006. – С. 316–318.
17. Bonde J. Psychosocial factors at work and risk of depression: a systematic review of the epidemiological evidence // Occup. Environ. Med. – 2008. – Vol. 65. – P. 438–445. DOI: 10.1136/oem.2007.038430.
18. Effect of Changing Work Stressors and Coping Resources on Psychological Distress / Y. Lian, Y. Gu, R. Han, Y. Jiang, S. Guan, J. Xiao, J. Liu // J. Occup. Environ. Med. – Jul. 2016. – Vol. 58, № 7. – P. e256–263. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000777.
19. Hamer M., Stamatakis E., Steptoe A. Psychiatric hospital admissions, behavioral risk factors, and all-cause mortality: the Scottish health survey // Arch. Intern. Med. – 2008. – Vol. 168, № 22. – P. 2474–2479.
20. Hoven H., Wahrendorf M., Siegrist J. Occupational position, work stress and depressive symptoms: a pathway analysis of longitudinal SHARE data // Journal Epidemiol Community Health. – 2015. – Vol. 69, № 5. – P. 447–452. DOI: 10.1136/jech-2014-205206.
21. Karasek R., Theorell T. Healthy work. Stress, productivity, and the reconstruction of working life. – New York: Basic Books, 1990. – 381 p.
22. Occupational status and job stress in relation to cardiovascular stress reactivity in Japanese workers / K. Hirokawa, T. Ohira, M. Nagayoshi, M. Kajiura, H. Imano, A. Kitamura, M. Kiyama, T. Okada, H. Iso // Prev. Med. Rep. – 2016. – Vol. 19, № 4. – P. 61–67. DOI: 10.1016/j.pmedr.2016.05.010.
23. Prospective study on occupational stress and risk of stroke / A. Tsutsumi, K. Kayaba, K. Kario, S. Ishikawa // Arch. Internal. Med. – 2009. – Vol. 169, № 1. – P. 56–63. DOI: 10.1001/archinternmed.2008.503.
24. Rajani N.B., Giannakopoulos G., Filippidis F.T. Job insecurity, financial difficulties and mental health in Europe // Occupational Medicine. – 2016. – Vol. 66, № 8. – P. 681–683. DOI: 10.1093/occmed/kqw111.
25. Schnall P.L., Dobson M., Landsbergis P. Globalization, Work, and Cardiovascular Disease // International Journal of Health Services. – 2016. – Vol. 46, № 4. – P. 656–692. DOI: 10.1177/0020731416664687.
26. Depressive symptoms and psychosocial stress at work among older employees in three continents / J. Siegrist, T. Lunau, M. Wahrendorf [et al.] // Global Health. – 2012. – Vol. 8. – P. 27. DOI: 10.1186/1744-8603-8-27.
27. Steptoe A., Kivimaki M. Stress and cardiovascular disease // Nat. Rev. Cardiol. – 2012. – Vol. 9. – P. 360–370. DOI: 10.1038/nrcardio.2012.45.
28. Work stress and depressive symptoms in older employees: impact of national labour and social policies / T. Lunau, M. Wahrendorf, N. Dragano, J. Siegrist // BMC Public Health. – 2013. – Vol. 13. – P. 1086

Риски развития сердечно-сосудистых заболеваний и профессиональный стресс / З.Ф. Гимаева, Л.К. Каримова, А.Б. Бакиров, В.А. Капцов, Д.Х. Калимуллина // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 106–115. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.12

UDC 665.71: 159.9-057

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.12.eng

RISKS OF CARDIOVASCULAR DISEASES EVOLVEMENT AND OCCUPATIONAL STRESS

Z.F. Gimaeva¹, L.K. Karimova², A.B. Bakirov², V.A. Kaptsov³, D.Kh. Kalimullina¹

¹Bashkir State Medical University, 3 Lenina Str., Ufa 450000 Russia

²Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation

³All-Russian Research Institute of Railway Hygiene of Rospotrebnadzor, 1 Pakgauznoe Shosse Str., Bldg. 1, Moscow, 125438, Russian Federation

Our aim was to study how significant psychosocial factors are in occupational stress and cardiovascular diseases evolution in workers employed at petrochemical production; we also intended to work out a set of preventive measures. Our hygienic and social-psychological research enabled us to detect factors causing stress evolution in workers employed at petrochemical production. These factors included chemical impact, noise, unfavorable microclimate, labor hardness and labor intensity. High level of risk for their own lives and responsibility for safety of others, as well as work under time deficiency conditions with increased responsibility for the final results, were the most significant psychosocial factors for workers. In the course of questioning we detected that 74 % machine operators, 63 % tool men working with controllers and automatic devices, and 57 % repairmen mentioned having stress at work. Here 38 % workers gave a subjective estimation of their professional activity as having apparent "stress nature". The questioning revealed that 48 % workers with various occupations had increased parameters as per anxiety scale (HADS); 23 % workers had increased parameters as per depressions scale (HADS). Primary hypertension was the most widely spread nosologic form among chronic non-infectious diseases; it was found in 46.1 % operators and in 45.2 % repairmen dealing with processing stations repair. 30.1 % tool men working with controllers and automatic devices had average occupational causation of primary hypertension by production factors. We detected direct relation between hyperlipidemia and age and working period.

We created foundation for preventive measures and worked out a program aimed at increasing resistance to stress at corporate and individual level. It will provide significant social effect and later on economic one. To overcome social stress we need to create safe working conditions at workplaces and to increase labor motivation based on career development possibilities.

Key words: workers employed at petrochemical production, machine operators, occupational stress, cardiovascular diseases, risk factors, resistance to stress, prevention.

References

1. Bikkinina G.M., Kaybyshev V.T. Otsenka znachimosti psikhosotsial'nykh faktorov proizvodstvennoi i ne-proizvodstvennoi prirody dlya sotrudnikov pravookhranitel'nykh organov [Evaluation of psycho-social occupational and nonoccupational factors importance for police officers]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 1, pp. 19–23 (in Russian).
2. Bukhtiyarov I.V., Rubtsov M.Yu., Chesalin P.V. Validizatsiya otsenki professional'nogo stressa u rabotnikov ofisov [Clerkship's occupational stress evaluation reliability]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 11, pp. 20–26. (in Russian).
3. Velichkovskij B.T. Sotsial'nyi stress, trudovaya motivatsiya i zdorov'e [Social stress working motivation and health]. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*, 2005, no. 2, pp. 24–36 (in Russian).

© Gimaeva Z.F., Karimova L.K., Bakirov A.B., V.A. Kaptsov, Kalimullina D.Kh., 2017

Zulfia F. Gimaeva – Candidate of Medical Science, associate professor of the department of clinical pharmacology and therapy department (e-mail: gzf-33@mail.ru; tel.: +7 (347) 228-75-36).

Liliya K. Karimova – Doctor of Medical Science, professor, chief researcher (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21).

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

Valeriy A. Kaptsov – Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, prof., Head of the Occupational Health Department (e-mail: kaptovva39@mail.ru; tel.: +7 (499) 153-36-28).

Dilara K. Kalimullina – Doctor of Medical Science, professor of the department of clinical pharmacology and therapy department (e-mail: rectorat@bashgmu.ru; tel.: +7 (347) 228-75-36).

4. Matyukhin V.V., Shardakova E.F., Yushkova O.I., Elizarova V.V., Yampol'skaya E.G., Poroshenko A.S., Kuz'mina L.P. Vozdeistvie faktorov trudovogo protsessa [Impact of working process factors]. *Vozdeistvie na organizm cheloveka opasnykh i vrednykh proizvodstvennykh faktorov. Mediko-biologicheskie aspekty: Entsiklopediya «Ekometriya»* [Impact exerted on a human body by dangerous and hazardous production factors. Medical and biological aspects: «Ecometria» Encyclopedia]. Moscow, 2004, vol. 1, pp. 344–441 (in Russian).
5. Oganov R.G., Pogosova G.V., Koltunov I.E., Romasenko L.V., Deev A.D., Yufereva Yu.M. Depressivnaya simptomatika ukhudshaet prognoz serdechno-sosudistyykh zabolevanii i snizhaet prodolzhitel'nost' zhizni bol'nykh arterial'noi gipertoniei i ishemicheskoi boleznyu serdtsa [Depressive Symptoms Worsen Cardiovascular Prognosis and Shortens Length of Life in Patients With Arterial Hypertension and Ischemic Heart Disease]. *Kardiologiya*, 2011, vol. 51, no. 2, pp. 59–66 (in Russian).
6. Chazov E.I., Oganov R.G., Pogosova G.V., Deev A.D., Shalnova S.A., Koltunov I.E., Romasenko L.V. Depressivnaya simptomatika ukhudshaet prognoz u bol'nykh arterial'noi gipertoniei i ishemicheskoi boleznyu serdtsa: pervye rezul'taty prospektivnogo etapa rossiiskogo mnogotsentrovogo issledovaniya KOORDINATA [Depressive Symptoms Worsen Prognosis in Patients With Arterial Hypertension and Ischemic Heart Disease: First Results of Prospective Phase of Russian Multicenter Study COORDINATA]. *Kardiologiya*, 2007, vol. 47, no. 10, pp. 24–30 (in Russian).
7. Dulyasova M.V., Tarasova L.N. Professional'nye riski personala na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektakh neftekhimii i khimii [Occupational risks for staff employed at dangerous petrochemical production facilities]. *Aktual'nye problemy sostoyaniya i razvitiya neftegazovogo kompleksa Rossii: materialy 5-oi nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Vital issues of contemporary state and development of Russian petrochemical industry: materials of the 5th scientific and technical conference]. Moscow, 2003, 51 p. (in Russian).
8. Izmerov N.F., Matyukhin V.V. Professional'nyi stress s pozitsii meditsiny truda: stressory, psikhofiziologicheskie aspekty, zdorov'e, profilaktika [Occupational stress in labor medicine: stressors, psychophysiological aspects, health, and prevention]. *Materialy II Vserossiiskogo s"ezda vrachei-profpatologov* [Materials of the II All-Russian congress of occupational pathologists]. Rostov-na-Donu, 2006, pp. 309–310 (in Russian).
9. Kardiovaskulyarnaya profilaktika: natsional'nye rekomendatsii [Cardiovascular prevention: national recommendations]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. Moscow, 2011, vol. 10, no. 6 (Appendix 2). Available at: [www.gnicpm.ru/UserFiles/kardiovaskulyarnaya % 20profilaktika.pdf](http://www.gnicpm.ru/UserFiles/kardiovaskulyarnaya%20profilaktika.pdf) (12.09.2016) (in Russian).
10. O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov: Federal'nyi zakon № 116-FZ ot 21.07.1997 (deistvuyushchaya redaktsiya, 2016) [On production safety of dangerous production facilities: Federal Law dated July, 21, 1997 No. 116-FS (the latest version came into force in 2016)]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (20.09.2016) (in Russian).
11. Gabibov F.G., Bagirov K.A., Odzhagov G.O., Eviev V.A. Obespechenie bezavariinosti opasnykh ob'ektov na predpriyatii khimicheskoi, neftekhimicheskoi i neftepererabatyvayushchei promyshlennosti [Providing accidentlessness of dangerous objects at plants of chemical, oil-chemical and oil-processing industry]. *Vestnik Kalmytskogo universiteta*, 2014, vol. 23, no. 3, pp. 46–50 (in Russian).
12. Oganov R.G., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M. Ekonomicheskii ushcherb ot serdechno-sosudistyykh zabolevanii v Rossiiskoi Federatsii [Economic burden of cardiovascular disease in the Russian Federation]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, Moscow, 2011, vol. 10, no. 4, pp. 4–9 (in Russian).
13. Professional'naya patologiya: natsional'noe rukovodstvo [Occupational pathology: national guide]. In: N.F. Izmerov ed. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2011, 784 p. (in Russian).
14. Kushnerova N.F., Merzlyakov V.Yu., Fomenko S.E., Sprygin V.G., Momot T.V., Bogdanovich L.N. Profilaktika stressovykh narushenii u meditsinskikh rabotnikov [Prevention of stress-related disorders in medical personnel]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 6, pp. 44–48 (in Russian).
15. Rukovodstvo po otsenke professional'nogo riska dlya zdorov'ya rabotnikov. Organizatsionno-metodicheskie osnovy, printsipy i kriterii otsenki R 2.2.1766-03 [Guide to professional health risk assessment for workers. Organizational and methodological foundations, principles and criteria for evaluation]. Moscow, Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2004, 24 p.
16. Ushakov I.B., Bukhtiyarov I.V. Professional'nyi stress i psikhicheskoe zdorov'e rabotayushchego naseleniya [Occupational stress and mental health of working population]. *Materialy II Vserossiiskogo s"ezda vrachei-profpatologov* [Materials of the II All-Russian congress of occupational pathologists]. Rostov-na-Donu, 2006, pp. 316–318 (in Russian).
17. Bonde J. Psychosocial factors at work and risk of depression: a systematic review of the epidemiological evidence. *Occup Environ Med*, 2008, vol. 65, pp. 438–445. DOI: 10.1136/oem.2007.038430.
18. Lian Y., Gu Y., Han R., Jiang Y., Guan S., Xiao J., Liu J. Effect of Changing Work Stressors and Coping Resources on Psychological Distress. *J Occup Environ Med*, 2016, Jul., vol. 58, no. 7, pp. e256–263. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000777.

19. Hamer M., Stamatakis E., Steptoe A. Psychiatric hospital admissions, behavioral risk factors, and all-cause mortality: the Scottish health survey. *Arch. Intern. Med*, 2008, vol. 168, no. 22, pp. 2474–2479.
20. Hoven H., Wahrendorf M., Siegrist J. Occupational position, work stress and depressive symptoms: a pathway analysis of longitudinal SHARE data. *Journal Epidemiol Community Health*, 2015, vol. 69, no. 5, pp. 447–452. DOI: 10.1136/jech-2014-205206.
21. Karasek R., Theorell T. Healthy work. Stress, productivity, and the reconstruction of working life. New York, Basic Books Publ., 1990, 381 p.
22. Hirokawa K., Ohira T., Nagayoshi M., Kajiura M., Imano H., Kitamura A., Kiyama M., Okada T., Iso H. Occupational status and job stress in relation to cardiovascular stress reactivity in Japanese workers. *Prev Med Rep*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 61–67. DOI: 10.1016/j.pmedr.2016.05.010.
23. Tsutsumi A., Kayaba K., Kario K., Ishikawa S. Prospective study on occupational stress and risk of stroke. *Arch. Internal Med*, 2009, vol. 169, no. 1, pp. 56–63. DOI: 10.1001/archinternmed.2008.503.
24. Rajani N.B., Giannakopoulos G., Filippidis F.T. Job insecurity, financial difficulties and mental health in Europe. *Occupational Medicine*, 2016, vol. 66, no. 8, pp. 681–683. DOI: 10.1093/occmed/kqw111.
25. Schnall P.L., Dobson M., Landsbergis P. Globalization, Work, and Cardiovascular Disease. *International Journal of Health Services*, 2016, vol. 46, no. 4, pp. 656–692. DOI: 10.1177/0020731416664687.
26. Siegrist J., Lunau T., Wahrendorf M., [et al.] Depressive symptoms and psychosocial stress at work among older employees in three continents. *Global Health*, 2012, vol. 8, pp. 27. DOI: 10.1186/1744-8603-8-27.
27. Steptoe A., Kivimaki M. Stress and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*, 2012, vol. 9, pp. 360–370. DOI: 10.1038/nrcardio.2012.45.
28. Lunau T., Wahrendorf M., Dragano N., Siegrist J. Work stress and depressive symptoms in older employees: impact of national labour and social policies. *BMC Public Health*, 2013, vol. 13, pp. 1086.

Gimaeva Z.F., Karimova L.K., Bakirov A.B., Kaptsov V.A., Kalimullina D.Kh. Risks of cardiovascular diseases evolvement and occupational stress. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 106–115. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.12.eng

Получена: 23.09.2016

Принята: 13.11.2016

Опубликована: 30.03.2017

УДК 613.644: 613.6.02: 665.71

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.13

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ КАК ФАКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

А.Д. Волгарева¹, Л.К. Каримова¹, Л.Н. Маврина¹, З.Ф. Гимаева^{1,2}, Н.А. Бейгул¹

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

²Башкирский государственный медицинский университет, Россия, 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3

Обобщены материалы многолетних исследований по оценке условий труда и изучению нарушений органа слуха у работников нефтехимической промышленности. Объектом исследования были выбраны работники пяти основных производств органического синтеза: этилен-пропилен, этилбензол-стирол, производства органических спиртов (бутилового, 2-этилгексанола), фталевого ангидрида.

Установлено, что основными источниками интенсивного шума на изученных производствах являются нагревательные печи, компрессоры, насосы. Проведенные исследования показали, что в рассмотренных производствах уровни шума варьировались от 60 до 99 дБА, а рассчитанные эквивалентные уровни шума достигали 3-го класса 1-й и 2-й степени вредности.

Аудиометрическими исследованиями установлено, что частота признаков воздействия шума на орган слуха работников основных профессиональных групп (аппаратчиков и машинистов насосных и компрессорных установок) достоверно выше, чем у слесарей контрольно-измерительных приборов и автоматики (группа сравнения) (<0,001). Наиболее высокий риск развития профессиональных нарушений органа слуха выявлен для машинистов, тогда как у аппаратчиков указанная патология развивается в 1,5 – 2,0 раза реже. В основных профессиональных группах частота нарушений органа слуха достоверно нарастала с увеличением стажа работы. У аппаратчиков наблюдается более стремительный рост частоты признаков после достижения стажа 10 лет, хотя общий уровень остается несколько ниже, чем у машинистов.

Показано, что к наиболее эффективным средствам коллективной защиты снижения шума можно отнести использование малозумного технологического оборудования, применение акустических средств (звукоизоляция, звукопоглощение и т.д.), дистанционное управление, а также рациональный режим труда и отдыха. Важная роль в профилактике нейросенсорной тугоухости принадлежит медицинскому обслуживанию и профессиональной реабилитации лиц с профессиональными нарушениями слуха.

Ключевые слова: производственный шум, условия труда, профессиональный риск, нефтехимические производства, признаки воздействия шума на орган слуха, органический синтез, вредные и опасные факторы, профессиональная патология.

Профессиональные заболевания органа слуха являются актуальной проблемой во всем мире [19, 21, 24]. По данным Всемирной организации здравоохранения нейросенсорная тугоухость шумовой этиологии в экономически развитых странах за последнее десятилетие занимает первое место в структуре профессиональных болезней. Хотя, благодаря внедрению национальных программ борьбы с шумом на производстве, имеется тенденция ее снижения [17, 23].

В России производственный шум также является одним из ведущих неблагоприятных факторов на рабочих местах в большинстве отраслей промышленности. Профессиональная тугоухость приобретает в последние годы все большую социально-экономическую значимость [1, 3, 5, 15]. По данным Роспотребнадзора в настоящее время каждый третий работающий подвергается воздействию производственного шума. Это определяет рост уровней профессио-

© Волгарева А.Д., Каримова Л.К., Маврина Л.Н., Гимаева З.Ф., Бейгул Н.А., 2017

Волгарева Альфия Динисламовна – кандидат медицинских наук, врач-отоларинголог (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).

Маврина Лиана Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела гигиены и физиологии труда (e-mail: Liana-1981@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21).

Гимаева Зульфия Фиданевна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела охраны здоровья работающих (e-mail: gzf-33@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-30-57).

Бейгул Наталья Александровна – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела гигиены и физиологии труда (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; тел.: 8 (347) 255-57-21).

нальной потери слуха, особенно в структуре заболеваний, связанных с воздействием физических факторов [9].

В общей структуре профессиональных заболеваний нейросенсорная тугоухость занимает одно из первых мест. За последнее десятилетие ее удельный вес вырос в 2 раза (с 13,5 до 27,2 %). Еще выше ее удельный вес среди заболеваний, вызванных воздействием физических факторов производственной среды (59 %) [9, 12, 14].

Известно, что при длительном воздействии шума на организм человека развивается утомление слухового анализатора, которое при отсутствии достаточного отдыха может привести к стойкому снижению слуха [16, 20]. Важным диагностическим методом выявления признаков специфического воздействия производственного шума на орган слуха служит исследование слухового анализатора с помощью тональной аудиометрии [2, 13].

К числу отраслей промышленности, где наряду с загрязнением воздуха рабочей зоны и неблагоприятным микроклиматом одним из ведущих вредных факторов рабочей среды является производственный шум, относится нефтехимическая промышленность [6, 7, 18, 22, 25].

Применение более мощного оборудования в нефтехимической отрасли промышленности в последние годы привело к увеличению интенсивности производственного шума на рабочих местах [4, 7, 20].

Цель исследования – оценка вероятности формирования профессиональных нарушений органа слуха у работников современных нефтехимических производств на основе дозной оценки производственного шума.

Материалы и методы. Объектом исследования были выбраны пять нефтехимических производств: этилен-пропилен, этилбензол-стирол (малотоннажное – старое производство и крупнотоннажное – современное производство), производства органических спиртов (бутилового, 2-этилгексанола), фталевого ангидрида.

Гигиенические исследования на изучаемых предприятиях выполнены в соответствии с действующими нормативно-методическими документами: ГОСТ 12.1.005-88, ГН 2.2.5.1313-03, СН 2.2.4/2.1.8.562-96, СанПиН 2.2.548-96, Р.2.2.2006-05.

Оценка состояния органа слуха проведена у 1597 работников, профессии которых: аппаратчик, машинист насосных и компрессорных установок, слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИП и А).

С целью количественной и качественной характеристики слуховой функции проводилась тональная пороговая аудиометрия в диапазоне частот по воздушному и костному звукопроведению и звуковосприятию от 125 до 8000 Гц по общепринятой методике на аудиометре Interacoustics AD229e [8, 12].

Результаты и их обсуждение. Технологические процессы производств органического синтеза характеризуются непрерывностью технологического процесса и дистанционным управлением. Большая часть технологического оборудования: реакторы, ректификационные колонны, емкости, резервуары, технологические трубопроводы, сепараторы, теплообменная аппаратура, печи и другое – размещена вне производственных помещений, на наружных установках. Исключение составляет насосное и компрессорное оборудование, размещенное в производственных помещениях.

Источниками интенсивного шума на изученных производствах являются нагревательные печи, компрессоры, насосы, конденсаторы воздушного охлаждения, а также движущийся по системам вторичных приборов контроля и автоматики сжатый воздух.

Шум, характерный для указанных производств, постоянный, широкополосный, с преобладанием уровня звука на отдельном технологическом оборудовании как на высоких, так и на низких частотах. Уровни звука зависят от типа, мощности, производительности оборудования, режима его работы, способа установки на фундаменте и соединения с трубопроводами.

Сравнительная характеристика интенсивности производственного шума в изученных производствах не выявила принципиальных различий. Ранговое распределение оборудования по уровню генерируемого им шума показало, что самыми шумными являются нагревательные печи, затем следуют компрессоры и насосы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1
Усредненные данные по шуму
в производствах органического синтеза

Место измерения	Уровень звука, дБА	Превышение ПДУ, дБА
Нагревательные печи	95–99	На 15–19
Компрессорные	92–96	На 12–16
Насосные	85–94	На 5–14
Наружные установки	80–85	На 5
Шумоизолирующие кабины	60–63	–
Операторные	58–60	–

П р и м е ч а н и е : ПДУ – предельно допустимый уровень; дБА – скорректированный уровень звуковой мощности.

Уровни шума, создаваемые нагревательными печами, достигают 95–99 дБА, что превышает допустимый уровень (ПДУ) на 15–19 дБА с максимальной звуковой энергией на частотах 25–500 Гц.

Шум в помещениях компрессорных превышает ПДУ на 12–16 дБА, преимущественно на низких частотах. В насосных шум постоянный, широкополосный, высокочастотный. Его уровни колеблются в широких пределах от 85 до 94 дБА, в зависимости от типа насоса, его производительности, режима работы.

На наружных установках уровни шума составляют 80–85 дБА, что превышает ПДУ на 5 дБА. Уровни шума в звукоизолирующих кабинах, закрытых компрессорных находятся в пределах 60–63 дБА. В помещениях операторных уровни шума также не превышают ПДУ и составляют 58–60 дБА.

Производства органического синтеза обслуживают сменные бригады, в состав которых, как правило, входят аппаратчики технологических установок, машинисты насосного и компрессорного оборудования и слесари КИП и А. В рассмотренных производствах технологический процесс является непрерывным. В связи с этим установлен трехсменный режим работы с восьмичасовой длительностью рабочей смены, включающий ночную смену.

Аппаратчики технологических установок в соответствии с должностными инструкциями осуществляют управление параметрами технологического процесса, выведенными на дисплей компьютеров или на щиты управления из помещения операторной. Помимо этого, аппаратчики контролируют состояние оборудования и коммуникаций, расположенных как на наружных установках, так и в закрытых производственных помещениях. Согласно хронометражным исследованиям, аппаратчик находится в операторной примерно половину рабочей смены. Результаты проведенных исследований показали, что в операторных технологических установках уровни шума были значительно ниже ПДУ. Для осуществления профилактического осмотра технологического оборудования аппаратчики обязаны периодически (до 6 раз в смену = 20 % времени смены) выходить из помещений операторных непосредственно к оборудованию, которое размещено как в производственных помещениях, так и на наружных установках. Согласно проведенным хронометражным исследованиям, в условиях повышенного шума аппаратчики технологических установок работают до 50 % времени смены.

Современное производство этилбензола-стирола характеризуется непрерывностью технологического процесса с полностью автоматизированным контролем и управлением всеми технологическими операциями, что практически исключает ручной труд. Вследствие комплексной механизации и автоматизации производства значительно сократилось время пребывания обслуживающего персонала непосредственно у технологического оборудования, что уменьшило вероятность контакта работающих с вредными производственными факторами.

На наружных установках работающие находятся периодически: при необходимости визуального контроля за работой оборудования и проведения мелких ремонтных работ. Аппаратчики выходят из помещений операторных для проведения профилактического осмотра оборудования 2–3 раза за смену, что занимает около 10 % рабочего времени. Рассчитанный эквивалентный уровень шума с учетом времени пребывания непосредственно у «шумящего» оборудования для аппаратчиков нового производства не превышает ПДУ и составляет 75–78 дБА.

Рассчитанные эквивалентные уровни шума для аппаратчиков технологических установок в производстве этилена-пропилена составляют 85–88 дБА, что соответствует 3-му классу 2-й степени вредности и опасности, в малотоннажном производстве этилбензола-стирола, органических спиртов – 83–85 дБА, что соответствует классу 3.1. В производствах фталевого ангидрида эквивалентные уровни шума не превышают гигиенического норматива и соответствуют допустимому классу 2 (табл. 2).

Второй по численности (около 20 % от общего числа работающих) является группа, состоящая из машинистов насосных и компрессорных установок. В их обязанности входит профилактический осмотр и контроль за работой технологических насосов и компрессоров. По хронометражным данным до 70–80 % рабочей смены машинисты находятся вблизи от технологического оборудования. При необходимости они могут производить мелкий и средний текущий ремонт. В современном производстве этилбензола-стирола машинисты находятся в насосных и компрессорных установках от 30 до 50 % времени смены. В помещениях операторных и шумоизолирующих кабинах машинисты насосного и компрессорного оборудования находятся около 10–20 % рабочего времени, где ведут записи в журнал, телефонные разговоры, решают производственные вопросы.

Т а б л и ц а 2

Оценка условий труда по интенсивности воздействия шума на работающих в производствах органического синтеза

Производство	Класс условий труда по интенсивности воздействия шума	
	Аппаратчики технологических установок	Машинисты насосного и компрессорного оборудования
Производство этилена-пропилена	3.2	3.2
Производство этилбензола-стирола (малотоннажное)	3.1	3.2
Производство этилбензола-стирола (крупнотоннажное)	2	3.1
Производство спиртов (бутилового, 2-этилгексанола)	3.1	3.2
Производство фталевого ангидрида	2	3.2

Машинисты насосного и компрессорного оборудования до 70 % времени смены подвергаются воздействию шума, уровни которого, как правило, превышают ПДУ на 12–16 дБА. С учетом времени воздействия эквивалентные уровни шума на рабочих местах машинистов насосного и компрессорного оборудования соответствуют вредным условиям труда – класс 3.2.

Следует отметить, что, несмотря на высокие уровни производственного шума в крупнотоннажном производстве, рассчитанный эквивалентный уровень шума с учетом времени пребывания непосредственно у «шумящего» оборудования, для машинистов выше допустимого уровня на 5 дБА, что соответствует классу 3.1 (см. табл. 2).

Следующая профессиональная группа в нефтехимических производствах представлена слесарями КИП и А. В их обязанность входит обслуживание как «первичных» приборов (термометров, расходомеров, манометров), расположенных непосредственно у оборудования, так и «вторичных», показания которых вынесены на щит центрального управления. На обслуживание «первичных» приборов слесари КИП и А затрачивают 12,3–15,5 % времени смены, на «вторичные» – 70,0–75,0 %. Контрольно-измерительные приборы в современных автоматизированных производствах отличаются конструктивной сложностью, что требует от слесарей

высокой профессиональной подготовленности. В операторных слесари осуществляют профилактический осмотр, текущий ремонт и тарировку приборов, заправку чернилами самописцев, замену диаграмм и др. Непосредственно на наружных установках они проводят замену прокладок приборов, колонок хроматографов, регистрирующих качество продуктов в потоке и т.д. Слесари КИП и А большую часть смены (85 %) подвергаются действию производственных факторов на уровнях, значительно ниже допустимых величин. Рассчитанный эквивалентный уровень шума значительно ниже допустимого.

Высокие уровни воздействия шума обуславливают вероятность развития у работников нарушений слуха. Показатель профессиональной тугоухости – 3,2 ‰ на 10 000 работников.

При изучении состояния органа слуха у работников нефтехимических производств представлялось целесообразным выделить так называемую доклиническую форму профессионального поражения, которая обозначена как «лица с признаками воздействия шума на орган слуха» [2, 11].

У 313 лиц, работающих в нефтехимических производствах ($19,6 \pm 1,0$ % от общего количества работающих в условиях производственного шума), выявлены признаки воздействия шума на орган слуха.

В основных профессиональных группах по частоте выявления признаков воздействия шума на орган слуха лидируют машинисты компрессорных и насосных установок ($24,7 \pm 1,6$ %), за ними следуют аппаратчики ($15,7 \pm 1,4$ %).

В основных группах работников выявлены статически значимые различия в частоте признаков воздействия шума на орган слуха по сравнению со слесарями КИП и А. Однако наиболее выраженные различия были у машинистов насосных и компрессорных установок, анализируемый показатель у которых имел достоверные отличия уже при стаже работы менее 10 лет ($p < 0,001$), причем с увеличением стажа они становились все более устойчивыми.

В группе аппаратчиков статистически значимые различия выявлены только начиная со стажа 10 лет ($p < 0,001$). С увеличением длительности работы в условиях воздействия шума статистическая значимость различий также нарастает.

Стажевая динамика частоты признаков воздействия шума на орган слуха в основных профессиональных группах приведена в табл. 3.

Таблица 3

Распространенность признаков воздействия шума на орган слуха у работников нефтехимических производств

Стаж работы, лет	Выявлено лиц с признаками воздействия шума, %		
	машинисты	аппаратчики	КИПиА (контроль)
Менее 10	*19,7 ± 2,6	2,9 ± 1,3	0,8 ± 0,8
10–19	*22,3 ± 3,0	*14,4 ± 2,6	2,3 ± 1,3
20 и более	*29,4 ± 2,6	*23,6 ± 2,4	1,4 ± 0,7
Всего	*24,7 ± 1,6	*15,7 ± 1,4	1,5 ± 0,5

Примечание: – различия статистически достоверны, $p < 0,001$.

Как видно из приведенных данных, в целом имеются общие черты во всех представленных группах. Однако очевидно, что у машинистов уже в первой стажевой группе распространенность признаков воздействия шума существенно выше, чем в других группах, и эта тенденция сохраняется на протяжении всего анализируемого стажа.

У аппаратчиков наблюдается более стремительный рост частоты признаков после достижения стажа 10 лет, хотя общий уровень остается несколько ниже, чем у машинистов.

У слесарей КИП и А, рассматриваемых в качестве группы сравнения, соответствующая динамика практически отсутствует.

В табл. 4 приведены величины относительного риска формирования признаков воздействия шума на орган слуха в профессиональных группах. Из представленных данных следует, что относительный риск значительно выше 5, что означает практически полную степень обусловленности рассматриваемого явления с воздействием интенсивного производственного шума с этиологической долей (EF) от 81 до 100 %.

Выводы. Таким образом, клинико-гигиенические исследования установили, что повышенные уровни воздействия производственного шума на изученных производствах создают риск развития профессиональных заболеваний органа слуха.

Таблица 4

Относительный риск (RR) формирования признаков воздействия шума на орган слуха в профессиональных группах

Стаж работы, лет	Относительный риск (RR) формирования признаков воздействия шума на орган слуха в профессиональных группах	
	машинисты	аппаратчики
Менее 10	24,6	3,6
10–19	9,7	6,3
20 и более	21,0	16,9
Всего	16,5	10,5

На основании проведенных исследований разработан комплекс мероприятий по снижению шума, включающий средства снижения шума в источнике возникновения и методы борьбы с ним на пути его распространения.

К наиболее эффективным средствам коллективной защиты снижения шума можно отнести использование маломощного технологического оборудования, применение акустических средств (звукоизоляция, звукопоглощение и т.д.), дистанционное управление, а также рациональный режим труда и отдыха.

Учитывая, что с помощью коллективной защиты не всегда удастся снизить уровни шума на рабочих местах, необходимо применять средства индивидуальной защиты органа слуха от шума (наушники, вкладыши, заглушки и др.).

Важная роль в профилактике нейросенсорной тугоухости принадлежит медицинскому обслуживанию и профессиональной реабилитации лиц с профессиональными нарушениями слуха. Качественное и регулярное медицинское наблюдение, учитывающее уровень шума и стаж работы на нефтехимических производствах, а также проведение реабилитационных мероприятий позволит: 1) удлинить срок перехода признаков воздействия шума на орган слуха; 2) сократить профессиональные потери, продлив трудовое долголетие работника.

Список литературы

1. Аденинская Е.Е., Горблянская Ю.Ю., Хоружая О.Т. Изучение клинической эффективности медицинского наблюдения за работниками, занятыми в условиях воздействия шума // Санитарный врач. – 2014. – № 7. – С. 22–28.
2. Аденинская Е.Е., Панкова В.Б. Проект федеральных клинических рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике потери слуха, вызванной шумом: гармонизированная классификация степени тугоухости // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 9. – С. 19–20.

3. Зинкин В.Н., Шешегов П.М., Чистов С.Д. Клинические аспекты профессиональной сенсоневральной тугоухости акустического генеза // Вестник оториноларингологии. – 2015. – № 6. – С. 65–70.
4. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Морозова Т.В. Охрана здоровья работников: гармонизация терминологии, законодательства и практики с международными стандартами // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 8. – С. 1–7.
5. Иконникова И.В., Бойко И.В., Клиценко О.А. Оценка факторов риска развития сенсоневральной тугоухости у работников газотранспортного предприятия Крайнего Севера // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 2. – С. 26–29.
6. Карамова Л.М., Каримова Л.К., Башарова Г.Р. Профессиональный риск для здоровья работников химических и нефтехимических производств. – Уфа, 2006. – 306 с.
7. Маврина Л.Н., Каримова Л.К., Бейгул Н.А. Профилактические меры по обеспечению безопасных условий труда в производствах этилбензола-стирола // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – Т. 1, № 7. – С. 77–78.
8. МР 14-1/10/2-3508. Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной сенсоневральной тугоухости: методические рекомендации 14-1/10/2-3508 [Электронный ресурс]. – М., 2012. – 28 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902382564> (дата обращения: 28.09.2016).
9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия, 2014. – 191 с.
10. Панкова В.Б., Таварткиладзе Г.А., Мухамедова Г.Р. Профессиональная тугоухость: новые подходы к диагностике, экспертизе трудоспособности и реабилитации // Медицина экстремальных ситуаций. – 2013. – № 1. – С. 25–29.
11. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: ТЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
12. Ретроспективный анализ и закономерности формирования профессиональной тугоухости в современных условиях / Е.А. Преображенская, И.В. Яцына, Е.Л. Синева, И.Н. Федина, Л.В. Липатова // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 10. – С. 31–35.
13. Современные аспекты гармонизации классификации профессиональной тугоухости / В.Б. Панкова, Е.Л. Синева, Г.А. Таварткиладзе, И.Н. Федина, Е.А. Преображенская, Г.Р. Мухамедова // Вестник оториноларингологии. – 2013. – № 2. – С. 27–30.
14. Состояние профессиональной заболеваемости в Российской Федерации в 2012 году // Информационный сборник статистических и аналитических материалов. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2013. – 48 с.
15. Харитонов О.И., Потеряева Е.Л., Кругликова Н.В. Профессиональная нейросенсорная тугоухость у членов экипажей воздушных судов гражданской авиации // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 6. – С. 12–14.
16. Шум и шумовая болезнь / Е.Ц. Андреева-Галанина, С.В. Алексеев [и др.]. – Л.: Медицина, 1972. – 303 с.
17. Augustynka D. Zagrozenia halasem na stanowiskach pracy w polsce innych panstwach uni Europejskiej // Medycyna Pracy. – 2012. – Vol. 63, № 6. – P. 689–700.
18. Biocca M. Risk Communication and the Precautionary Principle // International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. – 2004. – Vol. 17, № 1. – P. 197–201.
19. Choi Y.-H., Kim K. Noise-Induced Hearing Loss in Korean Workers: Co-Exposure to Organic Solvents and Heavy Metals in Nationwide Industries // PLoS ONE. – 2014. – Vol. 9, № 5. – P. 214–287. DOI: 10.1371/journal.pone.0097538
20. Covello V.T. Risk Communication and Message Mapping: A New Tool for Communicating Effectively in Public Health Emergencies and Disasters // Journal of Emergency Management. – 2006. – Vol. 4, № 3. – P. 25–40.
21. Leensen M.C.J., Duivenbooden J.C.van, Dreschler W.A. A retrospective analysis of noise-induced hearing loss in the Dutch construction industry // International Archives of Occupational and Environmental Health. – 2004. – Vol. 84, № 5. – P. 577–590. DOI: 10.1007/s00420-010-0606-3.
22. Leevs G.D., Herbert R.D. Economic and environmental impacts of pollution control in a system of environment and economic interdependence // Chaos, Solitons & Fractals. – 2002. – Vol. 13, № 4. – P. 693–700. DOI: 10.1016/S0960-0779 (01) 00003-0.
23. Noise-Induced Hearing Loss (NIHL) in Great Britain [Электронный ресурс] // Health and Safety Executive. – URL: <http://www.hse.gov.uk/Statistics/causdis/deafness/index.htm> (дата обращения: 10.09.2016).

24. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review / Arve Lie, Marit Skogstad, Håkon A. Johannessen, Tore Tynes, Ingrid Sivesind Mehllum, Karl-Christian Nordby, Bo Engdahl, Kristian Tambs // *International Archives of Occupational and Environmental Health*. – 2016. – Vol. 89, № 3. – P. 351–372.

25. Prospective study on occupational stress and risk of stroke / A. Tsutsumi, K. Kayaba, K. Kario, S. Ishikawa // *Arch. Internal Med.* – 2009. – Vol. 169, № 1. – P. 56–63.

Производственный шум как фактор профессионального риска на предприятиях нефтехимической отрасли / А.Д. Волгарева, Л.К. Каримова, Л.Н. Маврина, З.Ф. Гимаева, Н.А. Бейгул // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 116–124. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.13

UDC 613.644: 613.6.02: 665.71

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.13.eng

IN-PLANT NOISE AS OCCUPATIONAL RISK FACTOR AT PETROCHEMICAL PLANTS

A.D. Volgareva¹, L.K. Karimova¹, L.N. Mavrina¹, Z.F. Gimaeva^{1,2}, N.A. Beigul¹

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

²Bashkirian State Medical University, 3 Lenina Str., Ufa, 450000, Russian Federation

The article summarizes the data obtained in long-term research on working conditions estimates and studying damages to hearing organs in workers employed at petrochemical plants. We chose workers employed at five basic organic synthesis productions as an object of our study; these productions include ethylene-propylene, ethylbenzene-styrene, organic alcohols production (butanol and 2-ethylhexanol), phthalic anhydride.

We detected that heating furnaces, compressors, and pumps were the main noise sources at the examined productions. Our research revealed that noise levels at the examined productions varied from 60 to 99 decibel, and calculated equivalent noise levels reached the 3 hazard class with 1st and 2nd hazard degree.

Audiometric research showed that signs of impacts exerted by noise on hearing organs of workers belonging to basic occupational groups (processing machine operators and pumps and compressor operators) occurred authentically more frequently than in case of control equipment mechanics and automatic equipment operators (comparison group) (<0,001). The highest risk of occupational hearing loss was detected for drivers while the same pathology evolved 1.5–2.0 times less frequently in processing machines operators. Frequency of hearing organs damage in all basic occupational groups authentically increased as working period grew. Signs of such damage increased dramatically in processing machines operators' group after 10 years of work but still the overall level was slightly lower than in drivers' group.

It is shown that the most efficient measures of collective protection aimed at noise reduction are application of low-noise technological equipment, acoustic protection (sound insulation and sound absorption, etc), remote control, as well as rational labor and leisure regime. Medical care and vocational rehabilitation of people with occupational hearing loss also contribute significantly into sensory deafness prevention.

Key words: in-plant noise, working conditions, occupational risk, petrochemical productions, signs of impacts exerted by noise on hearing organs, organic synthesis, вредные и hazardous factors, occupational pathology.

© Volgareva A.D., Karimova L.K., Mavrina L.N., Gimaeva Z.F., Beigul N.A., 2017

Al'fiya D. Volgareva – Candidate of Medical Sciences, otorhinolaryngologist (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: +7 (347) 255–57–21).

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

Liana N. Mavrina – Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher of the Department of Occupational Hygiene and Physiology (e-mail: Liana-1981@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21).

Zul'fiya F. Gimaeva – Candidate of medical sciences, Senior Researcher of the Department of Occupational Health Care (e-mail: gzf-33@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-30-57).

Natalya A. Beygul – Candidate of chemical sciences, Associate Professor; Senior Researcher of the Department of Occupational Hygiene and Physiology (e-mail: iao_karimova@rambler.ru; tel.: +7 (347) 255-57-21).

References

1. Adeniniskaya E.E., Gorblyanskaya Yu.Yu., Khoruzhaya O.T. Izuchenie klinicheskoi effektivnosti meditsinskogo nablyudeniya za rabotnikami, zanyatymi v usloviyakh vozdeistviya shuma [Studying clinical efficiency of medical observation on workers functioning under noise exposure]. *Sanitarnyi vrach*, 2014, no. 7, pp. 22–28 (in Russian).
2. Adeniniskaya E.E., Pankova V.B. Proekt federal'nykh klinicheskikh rekomendatsii po diagnostike, lecheniyu i profilaktike poteri slukha, vyzvannoi shumom: garmonizirovannaya klassifikatsiya stepeni tugoukhosti [The draft of Federal clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and prevention of noise induced hearing loss: how we made it]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 9, pp. 19–20 (in Russian).
3. Zinkin V.N., Sheshegov P.M., Chistov S.D. Klinicheskie aspekty professional'noi senevral'noi tugoukhosti akusticheskogo geneza [The clinical aspects of occupational sensorineural impairment of hearing of the acoustic origin]. *Vestnik otorinolaringologii*, 2015, no. 6, pp. 65–70 (in Russian).
4. Izmerov N.F., Denisov E.I., Morozova T.V. Okhrana zdorov'ya rabotnikov: garmonizatsiya terminologii, zakonodatel'stva i praktiki s mezhdunarodnymi standartami [Health at work: Harmonization of terminology, laws and practice with international standards]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 8, pp. 1–7 (in Russian).
5. Ikonnikova I.V., Boiko I.V., Klitsenko O.A. Otsenka faktorov riska razvitiya senevral'noi tugoukhosti u rabotnikov gazotransportnogo predpriyatiya Krainego Severa [Evaluation of risk factors for neurosensory deafness in workers engaged into gas transport enterprise in Far North]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 2, pp. 26–29 (in Russian).
6. Karamova L.M., Karimova L.K., Basharova G.R. Professional'nyi risk dlya zdorov'ya rabotnikov khimicheskikh i neftekhimicheskikh proizvodstv [Occupational health risk for workers employed at chemical and petrochemical production]. Ufa, 2006, 306 p. (in Russian).
7. Mavrina L.N., Karimova L.K., Beigul N.A. Profilakticheskie mery po obespecheniyu bezopasnykh uslovii truda v proizvodstvakh etilbenzola-stirola [Preventive measures aimed at providing safe working conditions at ethylbenzene-styrene production]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy: ot teorii k praktike: materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Modern trends in scientific research: from theory to practice: materials of VII International theoretical and practical conference]*. Cheboksary, Interaktiv plus Publ., 2016, vol. 1, no. 7, pp. 77–78 (in Russian).
8. MR 14-1/10/2-3508. Diagnostika, ekspertiza trudosposobnosti i profilaktika professional'noi senevral'noi tugoukhosti: Metodicheskie rekomendatsii 14-1/10/2-3508 [Diagnostics, working capacity examination and prevention of occupational sensorineural hearing loss: methodical guidelines 14-1/10/2-3508]. Moscow, 2012, 28 p. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902382564> (28.09.2016). (in Russian).
9. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiiskoi Federatsii v 2013 godu: Gosudarstvennyi doklad [On sanitary and epidemiologic welfare of the population in the Russian Federation in 2013: State report]. Moscow, Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya, 2014, 191 p. (in Russian).
10. Pankova V.B., Tavartkiladze G.A., Mukhamedova G.R. Professional'naya tugoukhost': novye podkhody k diagnostike, ekspertize trudosposobnosti i reabilitatsii [Occupational hearing loss: new approach to diagnostic, labour capacity examination and rehabilitation]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*, 2013, no. 1, pp. 25–29 (in Russian).
11. Professional'naya patologiya: natsional'noe rukovodstvo [Occupational pathology: national guide]. In: N.F. Izmerov, ed. Moscow, TEOTAR.-Media Publ., 2011, 784 p. (in Russian).
12. Preobrazhenskaya E.A., Yatsyna I.V., Sineva E.L., Fedina I.N., Lipatova L.V. Retrospektivnyi analiz i zakonomernosti formirovaniya professional'noi tugoukhosti v sovremennykh usloviyakh [Retrospective analysis and principles of occupational deafness formation nowadays]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 10, pp. 31–35 (in Russian).
13. Pankova V.B., Sineva E.L., Tavartkiladze G.A., Fedina I.N., Preobrazhenskaya E.A., Mukhamedova G.R. Sovremennye aspekty garmonizatsii klassifikatsii professional'noi tugoukhosti [Current aspects of harmonization of classification of occupational hearing loss]. *Vestnik otorinolaringologii*, 2013, no. 2, pp. 27–30 (in Russian).
14. Sostoyanie professional'noi zabolevaemosti v Rossiiskoi Federatsii v 2012 godu [Occupational morbidity in the Russian Federation in 2012]. *Informatsionnyi sbornik statisticheskikh i analiticheskikh materialov [Collected statistical and analytical materials]*. Moscow, Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2013, 48 p. (in Russian).
15. Kharitonova O.I., Poteryaeva E.L., Kruglikova N.V. Professional'naya neirosensornaya tugoukhost' u chlenov ekipazhei vozdukhnykh sudov grazhdanskoi aviatsii [Occupational neurosensory deafness in civil aircraft crew members]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 6, pp. 12–14 (in Russian).
16. Andreeva-Galanina E.Ts., Alekseev S.V. [et al.] Shum i shumovaya bolezni [Noise and noise disease]. Leningrad, Meditsina Publ., 1972, 303 p. (in Russian).

17. Augustynka D. Zagrozenia halasem na stanowiskach pracy w polsce innych pantstwach uni Europejskiej. *Medycyna Pracy*, 2012, vol. 63, no. 6, pp. 689–700.
18. Biocca M. Risk Communication and the Precautionary Principle. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2004, vol. 17, no. 1, pp. 197–201.
19. Choi Y.-H., Kim K. Noise-Induced Hearing Loss in Korean Workers: Co-Exposure to Organic Solvents and Heavy Metals in Nationwide Industries. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9, no. 5, pp. 214–287. DOI: 10.1371/journal.pone.0097538
20. Covello V.T. Risk Communication and Message Mapping: A New Tool for Communicating Effectively in Public Health Emergencies and Disasters. *Journal of Emergency Management*, 2006, vol. 4, no. 3, pp. 25–40.
21. Leensen M.C.J., Duivenbooden J.C.van, Dreschler W.A. A retrospective analysis of noise-induced hearing loss in the Dutch construction industry. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2004, vol. 84, no. 5, pp. 577–590. DOI: 10.1007/s00420-010-0606-3.
22. Leeves G.D., Herbert R.D. Economic and environmental impacts of pollution control in a system of environment and economic interdependence. *Chaos, Solitons & Fractals*, 2002, vol. 13, no. 4, pp. 693–700. DOI: 10.1016/S0960-0779 (01) 00003-0.
23. Noise-Induced Hearing Loss (NIHL) in Great Britain. *Health and Safety Executive*. Available at: <http://www.hse.gov.uk/Statistics/causdis/deafness/index.htm> (10.09.2016).
24. Arve Lie, Marit Skogstad, Håkon A. Johannessen, Tore Tynes, Ingrid Sivesind Mehlum, Karl-Christian Nordby, Bo Engdahl, Kristian Tambs. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2016, vol. 89, no. 3, pp. 351–372. DOI: 10.1007/s00420-015-1083-5.
25. Tsutsumi A., Kayaba K., Kario K., Ishikawa S. Prospective study on occupational stress and risk of stroke. *Arch. Internal Med*, 2009, vol. 169, no. 1, pp. 56–63.

Volgareva A.D., Karimova L.K., Mavrina L.N., Gimaeva Z.F., Beigul N.A. In-plant noise as occupational risk factor at petrochemical plants. Health Risk Analysis, 2017, no. 1, pp. 116–124. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.13.eng

Получена: 10.10.2016

Принята: 02.02.2017

Опубликована: 30.03.2017

УДК 614.2.007

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.14

КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: РИСКИ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Е.Я. Титова

Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,
Россия, 614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

На основании данных официальной статистики изучена динамика показателей обеспеченности медицинскими кадрами населения Пермского края за 2006–2015 гг. в сравнении со средними показателями по Российской Федерации. Установлено, что обеспеченность населения края врачами и средними медицинскими работниками за указанный период превышала средние показатели по России, однако в крае сложилась неблагоприятная динамика показателей, и дефицит кадров сохраняется. Несколько улучшилось соотношение врачей и среднего медицинского персонала, хотя оно осталось ниже, чем в среднем по Российской Федерации, и ниже рекомендуемых. Укомплектованность физическими лицами врачебных должностей за исследуемый период немного снизилась, а средних медицинских работников – наоборот, выросла. При этом снизился коэффициент совместительства, как у врачей, так и у среднего медперсонала. Удельный вес аттестованных медицинских работников, имеющих сертификат, в Пермском крае выше, чем в среднем по России. Изменения, произошедшие в распределении медицинских работников по категориям, свидетельствуют об увеличении доли старших возрастных групп как среди врачей, так и среднего медперсонала. Имеется диспропорция в обеспеченности врачами и средними медицинскими работниками по территориям Пермского края, что требует системной целенаправленной работы всех заинтересованных структур. Необходимо реформировать систему приема в медицинские вузы и училища, чтобы максимально оградить абитуриентов от ошибки в выборе профессии, предложить комплекс мер, направленных на повышение престижа профессии врача и среднего медицинского работника, а также на его социальную защищенность.

Ключевые слова: доступность и качество медицинской помощи, кадровая политика, обеспеченность врачами, обеспеченность средним медицинским персоналом, укомплектованность, совместительство, тенденция, диспропорция в распределении, престиж профессии врача и среднего медицинского работника, социальная защищенность.

В современных условиях перед российским здравоохранением поставлена важнейшая задача – повысить доступность и качество медицинской помощи. Основным условием решения данной задачи является наличие достаточного количества подготовленных медицинских кадров [1–7, 9, 10, 14, 15].

В российском здравоохранении существует дефицит врачей и среднего медицинского персонала [3, 5, 8, 14]. По данным Минздрава Российской Федерации не хватает 148,2 тысячи врачей при ежегодном их выпуске в 52 тысячи человек. Ежегодное выбытие составляет 22 тысячи врачей, 10 % врачей находятся в предпенсионном и пенсионном возрасте [6]. Дефицит кадров вызван в первую очередь недостаточным притоком в отрасль молодых специалистов. Именно выпускники медицинских вузов являются одной из наиболее уязвимых категорий. С точки зрения потери медицинских кадров для отрасли выявлено, что 22 % студентов

планируют уехать за границу для получения дальнейшего образования, а 11 % – не планируют работать после окончания вуза в медицинских организациях. Всего 21 % врачей в возрасте до 35 лет, а также 17 % выпускников медицинских вузов рассматривают для себя возможность работать в сельских и отдаленных районах [14]. Не хватает более 800 тысяч медсестер. Ежегодно из здравоохранения уходят почти 90 тысяч человек среднего медперсонала (при их дефиците в 280 тысяч), из которых только 15 тысяч выходят на пенсию, а ежегодный их выпуск составляет только 50 тысяч [6].

Соотношение между численностью врачей и среднего медицинского персонала в нашей стране значительно ниже, чем в большинстве развитых стран мира, что вызывает дисбаланс в системе оказания медицинской помощи, ограничивает возможности развития служб долечивания, патронажа, реабилитации [2, 8, 9, 14]. На одного врача в России в среднем приходит-

© Титова Е.Я., 2017

Титова Елена Яковлевна – доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения, кандидат медицинских наук (e-mail: etitova55@yandex.ru; тел. 8 (912) 784-55-21).

ся 1,8 медсестры [13], а должно быть минимум 3–4, что вынуждает врача выполнять дополнительные функции [2, 6].

Наблюдается существенная диспропорция в распределении врачебных кадров: по городам и сельским районам, стационарным и амбулаторно-поликлиническим учреждениям, между специалистами различных профилей [2, 3, 6, 7, 9, 14]. В связи с этим ряд авторов высказывают предложение вернуться к системе планового распределения выпускников [2, 13].

Средняя заработная плата врачей в России на 22 % ниже, чем средняя зарплата по стране. В то время как в «новых» странах ЕС врач получает в 1,5–2,5 раза больше средней заработной платы [2]. Неудовлетворенность зарплатой высказывают более 55 % врачей [7]; 80 % врачей уходят из медицины из-за низкой зарплаты [6]. Президентом России поставлена задача – в 2018 г. повысить уровень оплаты труда врачей до 200 % от средней зарплаты в регионе [13]. Однако при этом не уточняется, на сколько ставок будет работать врач.

В ходе исследования отмечено превышение норм рабочей нагрузки у 47 % медсестер за счет внутреннего совместительства, у 19 % – за счет внешнего совместительства, у 35 % – за счет сверхнормативных дежурств. При этом 59 % медсестер отмечают хроническое недосыпание. Длительность ночного сна составляет менее шести часов у 12 % опрошенных. Одна из основных причин повышенных нагрузок – низкая заработная плата [11].

Более 30 % населения оценивают престиж профессии врача как низкий. А из числа самих врачей только 20 % оценивают свой статус как высокий [7]. Статус медицинского работника, в том числе и врача, постепенно утрачивает свою популярность [14].

Учитывая особую остроту проблемы укомплектования медицинскими кадрами государственных и муниципальных медицинских организаций, Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации № 210 от 03.07.2002 г. была утверждена «Концепция кадровой политики в здравоохранении Российской Федерации», которая определила основные проблемы в области управления кадровыми ресурсами в отрасли и наметила основные задачи по ее реализации.

Цель исследования – на основании изучения и оценки динамики обеспеченности медицинскими кадрами населения Пермского края за 2006–2015 гг. подготовить предложения

по повышению эффективности кадровой политики в здравоохранении.

Материалы и методы. На основании данных официальной статистики изучена динамика обеспеченности медицинскими кадрами населения Пермского края за 2006–2015 гг. в сравнении со средними показателями по Российской Федерации. Рассчитаны средние хронологические динамических рядов и их ошибки, темпы прироста. Для определения тенденции проведения выравнивания динамических рядов по скользящей средней.

Результаты и их обсуждение. Исследование показало, что с 2006 по 2015 г. обеспеченность врачами в Пермском крае была несколько выше, чем в целом по Российской Федерации. Показатели колебались от 39,1 до 49,0 на 10 тысяч населения и от 37,2 до 44,7 на 10 тысяч населения соответственно. Средняя хронологическая в Пермском крае составила $45,9 \pm 3,1$ против $42,6 \pm 2,4$ в России.

При этом выявлены существенные отличия в динамике показателей. В Российской Федерации до 2009 г. отмечается небольшой, но постоянный рост показателя (на 0,9–0,7 %), и только с 2011 г. начинается снижение (исключения составляют 2012 и 2015 г., рост – на 1,8 и 0,3 % соответственно). В Пермском крае практически постоянно наблюдается снижение обеспеченности врачами (исключением являются 2009 и 2011 г., когда отмечен рост на 1,0 и 1,7 % соответственно).

Особо выделяется 2014 г., когда в Пермском крае, как и в Российской Федерации, отмечено существенно снижение обеспеченности врачами (на 14,4 и 16,1 % соответственно). В 2015 г. показатель по Российской Федерации вырос на 0,3 %, а в Пермском крае остался без изменений (рис. 1, 2).



Рис. 1. Обеспеченность врачами (на 10 тыс. населения)



Рис. 2. Темп прироста обеспеченности врачами (%)

Установлена диспропорция в обеспеченности врачами по территориям Пермского края. Например, в 2015 г. наблюдалось колебание показателей: в городах – от 40,2 (в Перми) до 18,1 (в Александровске), в сельских районах – от 30,5 (в Частинском районе) до 10,1 (в Чердынском районе). Всего за один год из 47 территории убыль врачей произошла в 21 (в 2014 г. – в 13).

Расчет скользящей средней показал, что за исследуемый период в Пермском крае, в отличие от Российской Федерации, сложилась устойчивая тенденция снижения обеспеченности врачами (рис. 3).

Таким образом, в 2015 г., по сравнению с 2006 г., обеспеченность врачами в Пермском крае снизилась на 20,2 %, в Российской Федерации – на 13,5 %. Показатели составили 39,1 и 37,2 на 10 тысяч населения соответственно, что оказалось ниже плановых (42,4 и 40,2 на 10 тысяч населения).

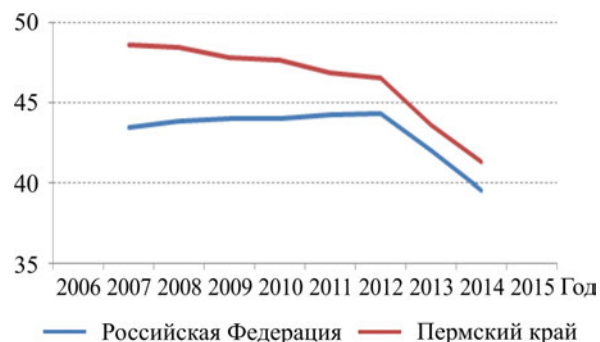


Рис. 3. Скользящая средняя обеспеченности врачами (на 10 тыс. населения)

Обеспеченность средним медицинским персоналом за исследуемый период в Пермском крае также всегда была выше (от 86,7 до 104,3 на 10 тысяч населения), чем в Российской Федерации (от 89,6 до 95,0 %). И только в 2015 г. показатель в Перми стал ниже (86,7 против 89,6 на 10 тысяч населения). Средняя хронологиче-

ская за исследуемый период в крае составила $95,9 \pm 5,7$ на 10 тысяч населения против $92,7 \pm 1,7$.

Выделяется 2014 г., когда отмечен наибольший рост показателя как в Пермском крае, так и в Российской Федерации (на 2,3 и 1,5 % соответственно). В 2015 г. произошло наибольшее снижение обеспеченности средним медицинским персоналом (на 6,8 и 2,4 % соответственно) (рис. 4, 5).



Рис. 4. Обеспеченность средним медицинским персоналом (на 10 тыс. населения)

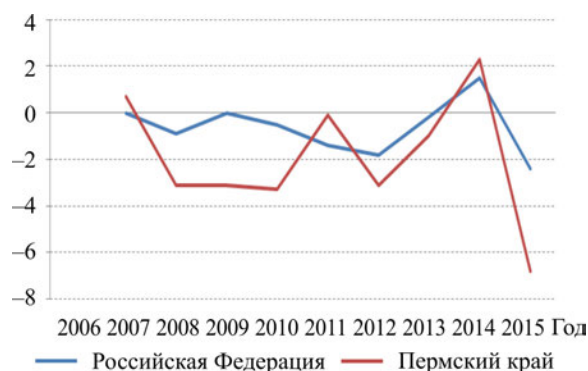


Рис. 5. Темп прироста обеспеченности средним медицинским персоналом (%)

В Пермском крае отмечена существенная диспропорция в обеспеченности средним медицинским персоналом: так, в 2015 г. она колебалась: в городах – от 110,1 (в Чайковском) до 60,2 (в Перми), в сельских районах – от 118,6 (в Уинском районе) до 48,1 (в Кунгурском районе). За один год убыль среднего медицинского персонала произошла на 33 территориях.

Расчет скользящей средней показал, что, в отличие от обеспеченности врачами, наметилась достаточно устойчивая тенденция снижения обеспеченности средним медицинским персоналом не только в Пермском крае, но и в целом по Российской Федерации. Однако в крае снижение идет более стремительно (рис. 6).

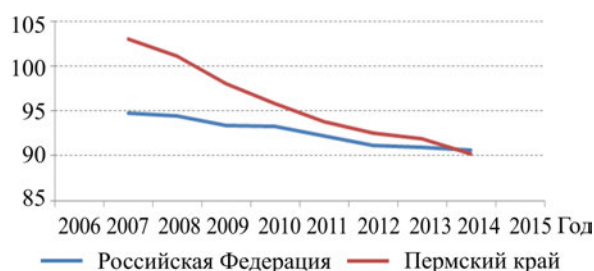


Рис. 6. Скользящая средняя обеспеченности средним медицинским персоналом (на 10 тыс. населения)

Таким образом, обеспеченность средним медицинским персоналом в Пермском крае в 2015 г. по сравнению с 2006 г., снизилась на 16,3 %, а в Российской Федерации – всего на 5,7 % (таблица).

За исследуемый период в Пермском крае несколько улучшилось соотношение врачей и среднего медицинского персонала (с 1:2,1 – в 2006 г. до 1:2,2 – в 2015 г.). При этом оно осталось ниже, чем в Российской Федерации (1: 2,2 – в 2006 г.; 1:2,4 – в 2015 г.) и ниже рекомендуемых (1:3; 1:4) [2,6].

Укомплектованность физическими лицами врачебных должностей за исследуемый период немного снизилась: с 62,5 % в 2006 г. до 61,6 % в 2015 г. А укомплектованность должностей средних медицинских работников, наоборот, выросла: с 70,0 до 70,1 % соответственно. Коэффициент совместительства за данный период, как у врачей, так и у среднего медицинского персонала, снизился (с 1,52 до 1,44 % и с 1,38 до 1,31 % соответственно).

В Пермском крае удельный вес аттестованных медицинских работников и имеющих сертификат выше, чем в среднем по России. За исследуемый период удельный вес аттестованных врачей снизился на 0,8 % (с 61,9 до 61,4 %), а удельный вес аттестованных средних медицинских работников, наоборот, вырос на 5,6 % (с 69,5 до 73,4 %). При этом данные показатели за 2015 г. превышают аналогичные в Российской

Федерации (48,4 и 55,4 % соответственно). Обращает на себя внимание тот факт, что среди врачей и среднего медперсонала вырос удельный вес имеющих высшую квалификационную категорию, а удельный вес имеющих первую и вторую категории уменьшился. Это косвенно свидетельствует об увеличении доли медицинских работников старших возрастных групп. С 2006 по 2015 г. удельный вес врачей, имеющих сертификат, вырос на 57,3 % (с 63,0 до 99,1 %), удельный вес средних медработников – на 50,3 % (с 65,6 до 98,6 %). Что превысило аналогичные показатели в Российской Федерации за 2015 г. (98,3 и 93,4 %).

Проведенное нами социологическое исследование среди студентов V курса педиатрического факультета Пермского государственного медицинского университета показало, что всего 86 % респондентов после окончания обучения хотят работать врачами. Из остальной части опрошенных только 68 % определились со своей будущей специальностью [12]. По данным Ю. Комарова [6], почти 30 % выпускников покидают отрасль.

Всего 40 % респондентов имеют представление о мерах, проводимых на федеральном и региональном уровнях, по решению кадровых проблем в здравоохранении. Свои предложения по решению этих проблем выразили 80 % респондентов: на первом месте – повышение зарплаты врачам (44 %), на втором – улучшение условий труда, включая оснащение современным оборудованием медицинских организаций (20 %), на третьем – обеспечение жильем (11 %); 3 % респондентов предлагают вернуть распределение выпускников после окончания высшего учебного заведения [12].

Выводы:

1. Несмотря на то что обеспеченность населения Пермского края врачами и средними медицинскими работниками в 2006–2015 гг. превышала средние показатели по Российской Федерации, в крае сложилась неблагоприятная динамика показателей, и дефицит кадров сохраняется.

Итоги реализации кадровой политики в Пермском крае в 2015 г. по сравнению с 2006 г.

Показатель	Врачи			Средний медперсонал		
	2006 г.	2015 г.	Темп прироста/убыли, %	2006 г.	2015 г.	Темп прироста/убыли, %
Обеспеченность, на 10 000 населения	49,0	39,1	–20,2	103,6	86,7	–16,3
Укомплектованность физическими лицами, %	62,5	61,6	–1,44	70,0	70,1	0,1
Коэффициент совместительства	1,52	1,44	–5,3	1,38	1,31	–5,1
Удельный вес аттестованных, %	61,9	61,4	–0,8	69,5	73,4	5,6
Удельный вес, имеющих сертификат, %	63,0	99,1	57,3	65,6	98,6	50,3

2. За исследуемый период несколько улучшилось соотношение врачей и среднего медицинского персонала, хотя оно осталось ниже, чем в Российской Федерации, и ниже рекомендуемых.

3. Укомплектованность физическими лицами врачебных должностей за исследуемый период немного снизилась, а средних медицинских работников – наоборот, возросла. При этом коэффициент совместительства, как у врачей, так и у среднего медицинского персонала, снизился.

4. В Пермском крае удельный вес аттестованных медицинских работников и имеющих сертификат выше, чем в среднем по России. Изменения, произошедшие в распределении медицинских работников по категориям, свидетельствуют об увеличении доли старших возрастных групп как среди врачей, так и среднего медперсонала.

5. Имеется диспропорция в обеспеченности врачами и средними медицинскими работниками по территориям Пермского края, что требует системной целенаправленной работы всех заинтересованных структур.

6. Для решения кадровых проблем в здравоохранении необходимо реформировать систему приема в медицинские вузы и училища, чтобы максимально оградить абитуриентов от ошибки в выборе профессии, предложить комплекс мер, направленных на повышение престижа профессии врача и среднего медицинского работника, а также на его социальную защищенность.

7. Вопросы кадровой политики, мотивации труда, соотношения численности и структуры врачей и среднего медицинского персонала требуют постоянного мониторинга и глубокого анализа как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Список литературы

1. Боярский С.Г. Концепция развития российского здравоохранения: проблемы обеспечения кадрами в сфере организации здравоохранения и общественного здоровья // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2010. – № 2. – С. 54–58.
2. Костин А.А., Пономаренко Б.Т., Самсонов Ю.В. Государственная кадровая политика в сфере здравоохранения: научное издание. – М.: Международный издательский центр «Этносоциум», 2015. – 96 с.
3. Дьяченко В.Г., Дьяченко С.В., Пригорнев В.Б. Кадры здравоохранения. Кривое зеркало статистики // Вестник общественного здоровья и здравоохранения Дальнего Востока России. – 2013. – Т. 13, № 4. – С. 3.
4. Зиминая Э.В. Системность подготовки управленческих кадров здравоохранения как фактор обеспечения качества медицинской помощи // Вестник Росздравнадзора. – 2010. – № 1. – С. 52–57.
5. Клейменова Л.В. Основные кадровые проблемы в сфере здравоохранения города Братска // Проблемы социально-экономического развития Сибири. – 2014. – Т. 15, № 1. – С. 42–44.
6. Комаров Ю. О подготовке врачебных кадров в Российской Федерации // Медицина. – 2013. – № 3. – С. 1–11.
7. Отставных Д.В. Проблемы кадрового обеспечения отрасли здравоохранения в современных условиях // Вестник общественного здоровья и здравоохранения Дальнего Востока России. – 2012. – Т. 9, № 4. – С. 5.
8. Савинкина Л.А., Шепелова Т.С. Проблемы дефицита медицинских кадров и пути их решения // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 569.
9. Стародубов В.И., Михайлова Ю.В., Леонов С.А. Кадровые ресурсы здравоохранения Российской Федерации: состояние, проблемы и основные тенденции развития // Социальные аспекты здоровья населения. – 2010. – Т. 13, № 1. – С. 2.
10. Таова С.М. Направления развития кадровой политики в российском здравоохранении // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2013. – Т. 87, № 9. – С. 6–9.
11. Титова Е.Я., Коновалова Н.В. О некоторых аспектах управления здоровьем персонала // Проблемы экономики, организации и управления в России и мире: материалы VI Международной научно-практической конференции. – Прага: Изд-во WORDLPRESSsr.o., 2014. – С. 224–225.
12. Титова Е.Я., Сычева А.Е. О некоторых аспектах кадровой политики // Проблемы экономики, организации и управления в России и мире: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Прага: Изд-во WORDLPRESSsr.o., 2015. – С. 284–286.
13. Шейман И.М., Шевский В.И. Кадровая политика в здравоохранении: сравнительный анализ российской и международной практики // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2015. – № 1. – С. 143–167.
14. Щепин В.О. Обеспеченность населения Российской Федерации основным кадровым ресурсом государственной системы здравоохранения // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2013. – № 6. – С. 24–28.
15. Щепин О.П., Коротких Р.В. Перспективы развития здравоохранения Российской Федерации // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2015. – Т. 23, № 6. – С. 3–6.

Титова Е.Я. Кадровая политика в здравоохранении: риски и пути решения // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 125–131. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.14

PERSONNEL POLICY IN HEALTHCARE: RISKS AND SOLUTIONS

E.Ya. Titova

Perm State Medical University named after E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Str., Perm, 614000, Russian Federation

We studied the dynamics of Perm region population provision with medical personnel over 2006-2015 basing on the official statistics data; the parameter was compared with the average level in the Russian Federation. We detected that provision of Perm region population with physicians and paramedics was higher than average Russian level in the stated period; however, a negative dynamics in parameters occurred and there is still personnel deficiency. A doctors-paramedics ratio improved a bit but it was still lower than in the RF on average and lower than the recommended level. Staffing of physicians' jobs with people decreased a bit in the examined period while staffing of paramedics' jobs, on the contrary, grew up. Also there was a decrease in a number of physicians and paramedics' who combined jobs. Specific weight of certified medical staff was higher in Perm region than in the country on average. Changes which occurred in medical staff distribution as per categories prove that the share of senior age groups increased both among physicians and paramedics. There is a disproportion in provision with physicians and paramedics in terms of various territories in Perm region, and it requires systemic targeted activities of all concerned structures. A system of admission to medical HEEs and colleges needs to be reformed so that applicants could avoid making a mistake in their career choice; it is also necessary to work out a set of measures aimed at raising prestige of a physician' and paramedic's job as well as pay greater attention to social security of medical staff.

Key words: availability and quality of medical aid, personnel policy, provision with doctors, provision with nurses, staffing, combining jobs, trend, disproportion in distribution, prestige of a physician' and paramedic's job, social security.

References

1. Boyarskii S.G. Kontseptsiya razvitiya rossiiskogo zdravookhraneniya: problemy obespecheniya kadrami v sfere organizatsii zdravookhraneniya i obshchestvennogo zdorov'ya [Concept of the Health Care Development in Russia: Problems of Staffing in Health Care Management and Public Health]. *Meditinskiiye tekhnologii. Otsenka i vybor*, 2010, no. 2, pp. 54–58 (in Russian).
2. Kostin A.A., Ponomarenko B.T., Samsonov Yu.V. Gosudarstvennaya kadrovaya politika v sfere zdravookhraneniya. Nauchnoe izdanie [State personnel policy in healthcare. Scientific edition]. Moscow, Mezhdunarodnyi izdatel'skii tsentr «Etnosotsium» Publ., 2015, 96 p. (in Russian).
3. D'yachenko V.G., D'yachenko S.V., Prigornev V.B. Kadry zdravookhraneniya. Krivoe zerkalo statistiki [Health workforce. Distorting mirror of statistics]. *Vestnik obshchestvennogo zdorov'ya i zdravookhraneniya Dal'nego Vostoka Rossii*, 2013, vol. 13, no. 4, pp. 3 (in Russian).
4. Zimina E.V. Sistemnost' podgotovki upravlencheskikh kadrov zdravookhraneniya kak faktor obespecheniya kachestva meditsinskoi pomoshchi [System approach in healthcare management training as a factor providing medical aid quality]. *Vestnik Roszdravnadzora*, 2010, no. 1, pp. 52–57 (in Russian).
5. Kleimenova L.V. Osnovnye kadrovye problemy v sfere zdravookhraneniya goroda Bratska [Main personnel problems in public health service in the city of Bratsk]. *Problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Sibiri*, 2014, vol. 15, no. 1, pp. 42–44 (in Russian).
6. Komarov Yu. O podgotovke vrachebnykh kadrov v Rossiiskoi Federatsii [On Training of Medical Staff in Russian Federation]. *Meditcina*, 2013, no.3, pp. 1–11(in Russian).
7. Otstavnykh D.V. Problemy kadrovogo obespecheniya otrasli zdravookhraneniya v sovremennykh usloviyakh [Contemporary issues of staff provision in healthcare]. *Vestnik obshchestvennogo zdorov'ya i zdravookhraneniya Dal'nego Vostoka Rossii*, 2012, vol. 9, no. 4, pp. 5 (in Russian).
8. Savinkina L.A., Shepelova T.S. Problemy defitsita meditsinskikh kadrov i puti ikh resheniya [Scarcity of health workers and its solutions]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 6, pp. 569 (in Russian).

9. Starodubov V.I., Mikhailova Yu.V., Leonov S.A. Kadrovye resursy zdravookhraneniya Rossiiskoi Federatsii: sostoyanie, problemy i osnovnye tendentsii razvitiya [Human resources for health in the Russian Federation: a condition, problems and basic tendencies of development]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2010, vol. 13, no. 1, pp. 2 (in Russian).
10. Taova S.M. Napravleniya razvitiya kadrovoi politiki v rossiiskom zdravookhraneni [Development trends in personnel policy in Russian healthcare]. *Zhurnal nauchnykh publikatsii aspirantov i doktorantov*, 2013, vol. 87, no. 9, pp. 6–9 (in Russian).
11. Titova E.Ya., Kononova N.V. O nekotorykh aspektakh upravleniya zdorov'em personala [On some aspects of managing personnel health]. *Problemy ekonomiki, organizatsii i upravleniya v Rossii i mire: materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Issues of economy, organization and management in Russia and worldwide: materials of VI International theoretical and practical conference]*. Praga, WORDLPRESSr.o. Publ., 2014, pp. 224–225 (in Russian).
12. Titova E.Ya., Sycheva A.E. O nekotorykh aspektakh kadrovoi politiki [On some aspects of personnel policy]. *Problemy ekonomiki, organizatsii i upravleniya v Rossii i mire: materialy IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Issues of economy, organization and management in Russia and worldwide: materials of VI International theoretical and practical conference]*. Praga, WORDLPRESSr.o. Publ., 2015, pp. 284–286 (in Russian).
13. Sheiman I.M., Shevskii V.I. Kadrovaya politika v zdravookhraneni: sravnitel'nyi analiz rossiiskoi i mezhdunarodnoi praktiki [Health labor policy: comparative analysis of Russian and international developments]. *Voprosy gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniya*, 2015, no. 1, pp. 143–167 (in Russian).
14. Shchepin V.O. Obespechennost' naseleniya Rossiiskoi Federatsii osnovnym kadrovym resursom gosudarstvennoi sistemy zdravookhraneniya [The provision of population of the russian federation with basic personnel resource of public health care system]. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, 2013, no. 6, pp. 24–28 (in Russian).
15. Shchepin O.P., Korotkikh R.V. Perspektivy razvitiya zdravookhraneniya Rossiiskoi Federatsii [The perspectives of development of health care of the Russian Federation]. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, 2015, vol. 23, no. 6, pp. 3–6 (in Russian).

Titova E.Ya. Personnel policy in healthcare: risks and solutions. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 125–131. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.14.eng

Получена: 13.01.2017

Принята: 09.03.2017

Опубликована: 30.03.2017

УДК 614/5: 644.36

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.15

НАРУШЕНИЕ МЕЛАНОПСИНОВОГО ЭФФЕКТА СУЖЕНИЯ ЗРАЧКА – ФАКТОР РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЯ ГЛАЗ

В.А. Капцов¹, В.Н. Дейнего²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены Роспотребнадзора, Россия, 125438, г. Москва, Пакгаузное шоссе, 1, корп. 1

²Научно-производственная коммерческая фирма «ЭЛТАН ЛТД», Россия, 141190, г. Фрязино, Заводской пр., 2

Риск поражения глаз и ухудшения качества зрения в значительной степени зависит от эффективной работы биомеханической системы глаза в условиях энергосберегающего освещения. Эффективность этой системы определяется адекватностью управления зрачком глаза и ресничной мышцей.

Проведен анализ математических моделей изменения диаметра зрачка глаза от светотехнических параметров световой среды (уровня освещенности, яркости). Показана значимость и роль ганглиозных клеток в управлении диаметром зрачка глаза на сужение (миозис) при их облучении синим светом 480 нм. На основе оценки реакции зрачка на сужение при воздействии разных стимулов света (синего, красного и зеленого) сформулировано понятие меланопсинового эффекта удержания зрачка при миозисе и показано, что при воздействии импульса синего света определенных длин волн он может служить диагностическим признаком ряда заболеваний (возрастной макулярной дегенерации сетчатки, сахарного диабета). Под воздействием синего (480 нм) света ганглиозные клетки формируют управляющий сигнал для сфинктера зрачка и цилиарной мышцы, которая обеспечивает аккомодацию (по Гельмгольцу) и регулирует поток водянистой влаги в Шлеммовом канале.

Все современные энергосберегающие источники света имеют низкий уровень энергии на длине волны 480 нм из-за провала в их спектре по сравнению со спектром солнечного света той же цветовой температуры и уровня освещенности. Неадекватное управление диаметром зрачка в условиях искусственного освещения приводит к нарушению условий меланопсинового эффекта и вносит дисгармонизацию в управление оттоком водянистой влаги. Все это в совокупности при длительной зрительной нагрузке увеличивает риски возникновения глазных заболеваний в условиях современной световой среды.

Выявлено, что современные математические модели флуктуаций диаметра зрачка глаза нуждаются в уточнении с учетом новых знаний о функциональных особенностях клеток сетчатки и спектра энергосберегающих источников света.

Ключевые слова: биомеханическая система глаза, светодиодное освещение, синий свет, сужение зрачка, ганглиозные клетки, меланопсиновый эффект, риск развития миопии.

В современной световой среде тесно переплелись вопросы ее гигиены и возрастающие риски заболевания глаз от воздействия света от искусственных источников. Воздействие света на глаза зависит от величины диаметра зрачка и качества спектра света, который является программой управления функциональными структурами зрительного анализатора. Неадекватное программное управление биомеханической системой зрения человека повышает риски заболевания глаз.

В настоящее время световую среду обитания человека определяют энергосберегающие источники и устройства отображения информации.

Офтальмологи и гигиенисты, оценив итоги массового внедрения компактных люминесцентных ламп и светодиодов в Южной Корее, Японии, Китае, показали, что во всех странах выявлена сходная тенденция – постоянный и уверенный рост миопии. Актуальность проблемы подчеркивают недавние исследования, проведенные в Южной Корее (в которой массово

© Капцов В.А., Дейнего В.Н., 2017

Капцов Валерий Александрович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом гигиены труда (e-mail: karpovva39@mail.ru; тел.: 8 (499) 15-33-628).

Дейнего Виталий Николаевич – руководитель проекта по светотехнике (e-mail: aet@aetechnologies.ru; тел.: 8 (495) 280-76-07).

применяются компактные люминесцентные и светодиодные лампы), показавшие почти сюрреалистический результат – практически 96,5 % от всех 19-летних мужчин призывного возраста близоруки [41]. Исторически биомеханическая система зрения человека формировалась в среде солнечного света и неограниченном зрительном пространстве. «Глаз нельзя понять, не зная Солнца. Вот почему глаз – солнечен, по словам поэта», – такими словами свою замечательную книгу «Глаз и Солнце» заканчивает Сергей Иванович Вавилов. Солнечный свет попадает на сетчатку через зрачок и управляет его размером через соответствующие ганглиозные клетки и разделы головного мозга.

Человек обычно негативно реагирует на ярко-голубые источники света. «Зрачковый рефлекс находится в синей части спектра. От синего света приходит самый сильный сигнал к мышцам в радужной оболочке глаза, чтобы закрыть зрачок», – говорит доктор David H. Sliney, эксперт армии США по физиологическим эффектам светодиодов, лазеров и других ярких источников света из Центра по укреплению здоровья и профилактической медицины армии США. В работе Ensuring safety in LED lighting [29] отмечается, что для защиты глаз очень важны ганглиозные клетки, которые могут удерживать зрачок маленьким. Палочки и колбочки могут сужать зрачок только кратковременно, затем он снова увеличивается в большую сторону в течение примерно 10 секунд. David H. Sliney отмечает, что размер зрачка на улице равен примерно 2 мм и поддерживается фоточувствительными ганглиозными клетками, а верхнее веко защищает расположенную ниже часть сетчатки [43].

В классической светотехнике ключевым моментом для зрачка глаза является его реакция на величину, пропорциональную количеству белого света, попадающего на сетчатку. Диаметр зрачка человека может изменяться от 1,1 до 8,0 мм.

Одними из первых на изучение закономерностей изменения диаметра зрачка от освещенности глаза обратили внимание проектировщики оптических приборов различного назначения. При их использовании взгляд человека максимально ограничен в зрительном пространстве. Без понимания этих закономерностей трудно спроектировать качественный оптический прибор. В своих работах исследователи исходили из того, что зрачковый рефлекс может вызываться различными причинами, но прежде всего – изменением яркости фона. По мере увели-

чения яркости фона происходит уменьшение диаметра зрачка. В общем виде эта зависимость выражается формулой В.В. Машкова [11]:

$$Dp = 5 - 3th(0,4lg L), \quad (1)$$

где Dp – диаметр зрачка глаза, мм; L – яркость фона, кд/м²; th – гиперболический тангенс.

Зависимость диаметра зрачка от яркости, рассчитанная по формуле (1), приведена на рис. 1 (кривая 1).

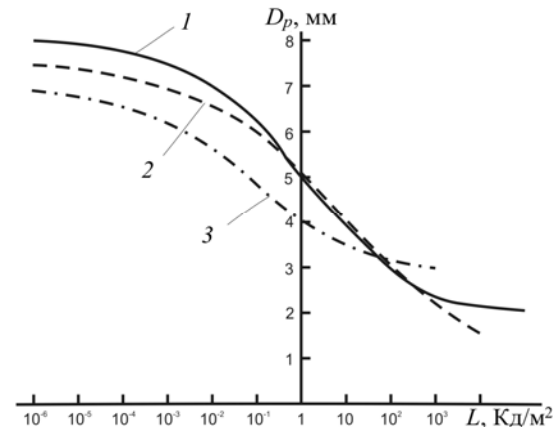


Рис. 1. Зависимость диаметра зрачка глаза от яркости фона. Штриховой линией обозначены зависимости, полученные Р. Ривсом (кривая 2) и Н.И. Пинегиным (кривая 3) [20]

В результате проведенных исследований Н.И. Пинегин установил, что уменьшение углового размера поля при постоянной яркости приводит к увеличению зрачка [13, 20]. В работе Т.Н. Хацевича исследована зависимость диаметра зрачка глаза при наблюдении изображения на экране электронно-оптического преобразователя (ЭОП) в приборах ночного видения [20]. Особенности поля адаптации (экрана ЭОП), связанные с излучением люминофора, флуктуациями яркости на экране, наличием сцинтилляций, вызывают некоторое изменение зрачковой реакции в сторону увеличения зрачка. При этом зависимость диаметра зрачка от яркости экрана ЭОП выражается формулой

$$Dp = 5,5 - 1,5th[0,5lg(0,06L)]. \quad (2)$$

Формула справедлива при 10^{-4} кд/м² < L < 102 кд/м², т.е. при реальных яркостях экрана ЭОП, который светится, как правило, зеленым светом [22].

Из анализа приведенных данных видно, что при люминесцентном освещении сетчатки меняются формулы подсчета диаметра зрачка глаза в сторону его увеличения [20].

На увеличение диаметра зрачка влияют не только вышеперечисленные факторы, но и наличие заболеваний глаз (рис. 2)

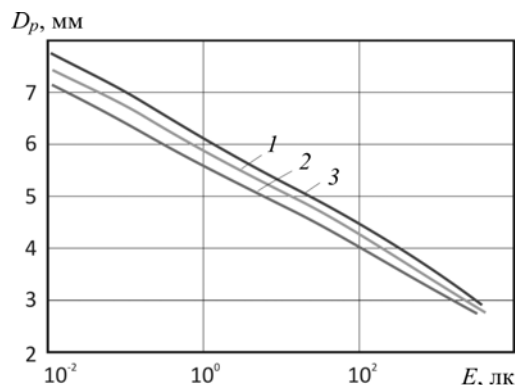


Рис. 2. Зависимость диаметра зрачка глаза от освещенности на зрачке:

1 – эметропический глаз; 2 – гиперметропический глаз; 3 – миопический глаз

При миопии диаметр зрачка глаза больше, чем при нормальном зрении. Также диаметр зрачка зависит от состояния аккомодации и конвергенции, усиление которых влечет за собой сужение зрачка, их ослабление – расширение. Изменение возможно также при изменении только аккомодации или конвергенции [20].

По мере развития техники к специалистам по телескопам, светотехникам и разработчикам специальных оптических приборов подключились специалисты в области лазерной техники, отвечающие за фотобиологическую безопасность. Математические модели изменения диаметра зрачка глаза человека интересовали отечественных светотехников при решении прикладных задач. А вопросы фотобиологической безопасности стали интересовать их только в настоящее время после массового внедрения светодиодного освещения. В основе нормативной документации по фотобиологической безопасности источников света лежат зарубежные работы по лазерной безопасности, в которых используются математические модели зависимости диаметра зрачка глаза от уровня освещенности, яркости, потока фотонов. Джон Маршалл, профессор офтальмологии Университетского колледжа г. Лондона, занимался проблемами зрения с 1965 г., когда он получил грант Королевских ВВС, изучая разрушительные эффекты воздействия лазеров на сетчатку. Он говорил, что в то время им нужно было иметь гораздо лучшее понимание того, как свет взаимодействует с сетчаткой, и какие механизмы могут потенциально привести к повреждению глаза. Совмест-

но с немецкими и американскими учеными он разработал базу данных, которая легла в основу международных кодексов практики для защиты людей от возможных разрушительных последствий лазеров. Результаты своих работ исследователи распространили на потенциальное губительное воздействие некогерентного света. Достижения авторов были включены в кодексы практики, используемые крупными международными организациями, такими как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), экологические программы Организации Объединенных Наций и Международного Красного Креста [31].

Первые работы по лазерной безопасности позволили построить наглядные номограммы для сравнения различных источников света и областей безопасности (по доктору David H. Sliney). В этих номограммах особое место занимает диаметр зрачка, который полностью определяет проекцию предмета на сетчатку глаза. Также на представленной номограмме указаны области «синей опасности». Но время идет, наполняясь новыми открытиями и рождая новые определения норм в области фотобиологической безопасности. Например, в соответствии с ГОСТ IEC/TR 60825-9-2013 по безопасности лазерной аппаратуры, было введено понятие «максимально допустимая экспозиция» (МДЭ) (maximum permissible exposure (MPE)), которая при нормальных условиях не противоречит результатам появления биологических эффектов. Значение МДЭ зависит от длины волны излучения, длительности экспозиции, состояния ткани и размера места экспозиции. Для видимого и ближнего инфракрасного излучения в диапазоне от 380 до 1400 нм угловой размер источника определяет размер изображения на сетчатке, которое в значительной степени зависит от диаметра зрачка глаза. В данном ГОСТе определена «синяя опасность», максимально допустимая экспозиция которой оценивается применительно к глазу в диапазоне длин волн от 380 до 1400 нм и базируется на стандартном диаметре зрачка 7 мм для времени менее 0,5 с и 3 мм для времени более 0,5 с. В зависимости от яркости наблюдаемого светового поля диаметр зрачка варьируется между значением меньше, чем 2 мм, и больше, чем 7 мм, в зависимости от индивидуальных особенностей человека, предмета наблюдения, возраста. Формула (3) может быть использована для расчета диаметра зрачка $d_{зр}$ (мм) от значения яркости L (кд/м) объекта наблюдения.

$$d_{\text{зр}} = 1,29 \text{ мм} + \frac{6,62 \text{ мм}}{1 + \left(\frac{L}{8,24 \text{ кд/м}^2} \right)^{0,32}} \quad (3)$$

Данная формула сложна для вычислений. Более наглядная зависимость диаметра зрачка от яркости приведена в ГОСТ IEC/TR 60825-9-2013 [4] (рис. 3).

Корректировка значений МДЭ в диапазоне длин волн от 380 до 1400 нм для времени <0,5 с в отношении к стандартному диаметру зрачка производится в пропорциональной зависимости от его площади. В случаях, когда источник излучения используется при разных условиях освещения (например, в течение дня, ночью), наиболее верным расчет безопасности излучения будет при диаметре зрачка 7 мм [4].

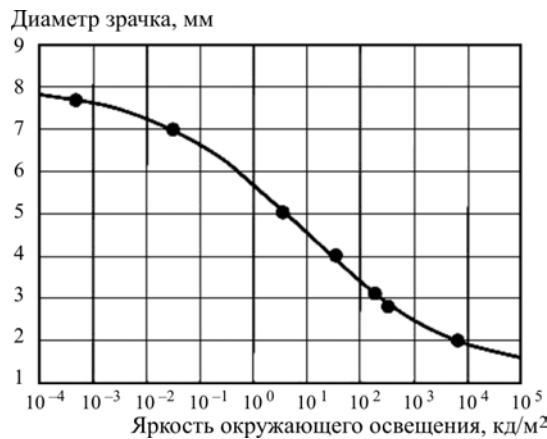
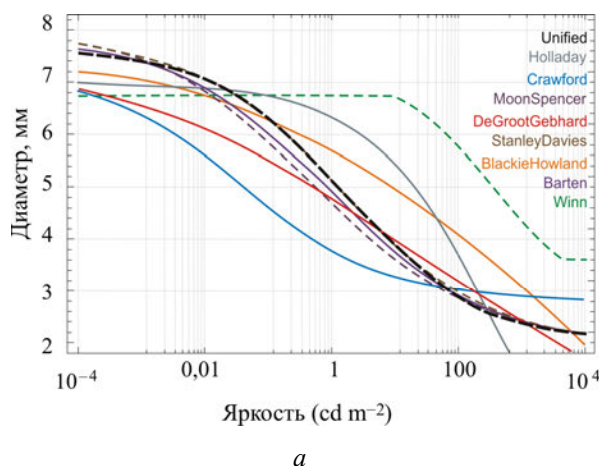


Рис. 3. Зависимость диаметра зрачка от яркости наблюдаемого поля в соответствии с ГОСТ IEC/TR 60825-9-2013 [4]



Во вновь разработанном ГОСТ Р МЭК 62471-2013 «Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность» [5] такого примечания нет. При этом следует отметить, что в нормативном документе ГОСТ IEC/TR 60825-9-2013 применяется математическая модель зависимости диаметра зрачка от яркости наблюдаемого поля в соответствии с P. Reeves, JOSA 4, 35–43 (1920), а это модели диаметра зрачка, разработанные до 1920 г. В работе A.B. Watson и J.I. Yellott – специалисты Исследовательского центра NASA и Отдела когнитивных наук Университета Калифорнии – для своих целей обобщили ранее разработанные математические модели зависимостей диаметра зрачка от яркости [46]. Они разработали новую единую формулу, которая включала в себя эффекты яркости, размер адаптирующего поля, возраст наблюдателя. Эти исследователи рассмотрели следующие модели: Holladay (1926); Crawford (1936); Moon and Spencer (1944); De Groot and Gebhard (1952); Winn, Whitaker, Elliott, and Phillips (1994); Stanley and Davies (1995); Barten (1999) и Blackie and Howland (1999). Обобщенные результаты приведены на рис. 4.

Такое многообразие математических моделей зависимостей диаметра зрачка от яркости и других факторов говорит о том, что модели построены в условиях высокой степени неопределенности знаний о функционировании биомеханической системы управления зрачком глаза в условиях современной световой среды.

Степень неопределенности уменьшается по мере появления новых открытий в области функционирования клеток глаза и их увязки

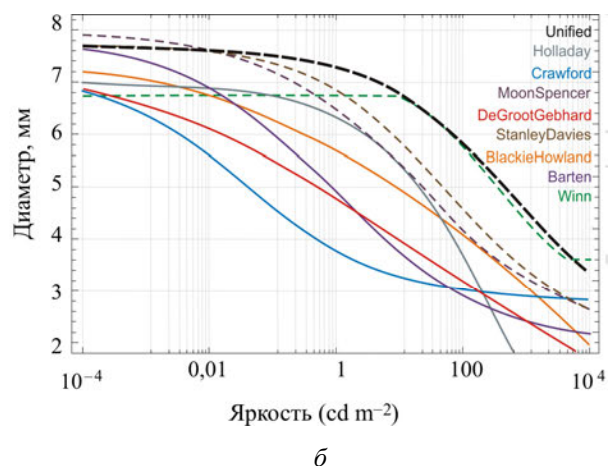


Рис. 4. Диаметр зрачка по нескольким формулам: а – диаметр поля 60°, бинокулярный просмотр; б – диаметр поля 10°, просмотр монокуляр. Пунктирные кривые показывают формулы, которые зависят от размера поля адаптации, возраста наблюдателя или бинокулярности.

Для обеих фигур, возраст волонтеров – 30 лет

в биомеханическую систему управления диаметром зрачка глаза. Эта система действует по законам функциональной системы П.К. Анохина. Он говорил: «...поиски “системы” как более высокого и общего для многих явлений принципа функционирования могут дать значительно больше, чем только одни аналитические методы при изучении частных процессов». В 1964 г. основатель кибернетики Н. Винер утверждал: «Главные проблемы биологии ...связаны с системами и их организацией во времени и пространстве». Эти положения явились методической основой нашего анализа работы зрительного анализатора в условиях современной световой среды, которая по форме спектра отличается от солнечного света при заданном уровне освещенности.

Более 150 лет ученые считали, что в глазу человека находятся только клетки фоторецепторов, палочки и колбочки, которые через зрительную кору головного мозга, взаимодействуя между собой, позволяют человеку накапливать визуальный опыт. Считалось, что только эти клетки, которые преобразуют спектр света в кодовые послания управляющих сигналов, обеспечивают информацией биомеханическую систему глаза для поддержания качества зрения в световой среде обитания.

В 1991 г. были открыты особые светочувствительные ганглионарные клетки типа ipRGC (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells), или mRGC (melanopsin-containing retinal ganglion cells) [3].

Они, в отличие от ранее известных ганглионарных клеток, содержат светочувствительный пигмент меланопсин, отличающийся от других фоточувствительных пигментов глаза: родопсина палочек и йодопсина колбочек, которые не умеют реагировать непосредственно на синий свет в области 480 нм. Эти светочувствительные ганглионарные клетки – новый, третий тип фоторецепторов сетчатки глаза. В отличие от известных уже в течение 200 лет палочек и колбочек, они напрямую возбуждаются под действием света даже при блокировании «классических» фоторецепторов глаза [34].

В результате исследований, проведенных в различных медицинских центрах и университетах США и Англии, было установлено, что меланопсины имеют разные подтипы, обладающие индивидуальной световой чувствительностью. Фотоганглиозные клетки типа М являются предметом наиболее интенсивных исследований. Светочувствительным веществом этих

клеток является меланопсин, который вступает в реакцию в широком диапазоне цветов – от 480 до 460 нм. Меланопсин подтипа М1 имеет два пика максимальной фоточувствительности к синему свету:

- М1 Brn3b- на 460 нм;
- М1 Brn3b+ на 480 нм.

По мере накопления информации уточняется общая форма кривых спектральной чувствительности меланопсина типа М1. Выявлено, что эффективность управления диаметром зрачка глаза на закрытие меланопсином М1 Brn3b+ определяется по форме кривой для зрячего и слепого человека [34]. Проведены также исследования изменений диаметра зрачка от степени возбуждения меланопсина [26].

У зрячих участников только высокая облученность светом 480 нм (более $> 11 \log$ фотоны см⁻² с⁻¹) вызывала значительно более устойчивую реакцию сужения зрачка во времени [34].

В настоящее время в мировых центрах развернуты широкомасштабные исследования по оценке влияния реакции зрительного анализатора человека и позвоночных на световые стимулы (синего, зеленого и красного света) [23, 24]. Для анализа реакции принят стандартный отклик (рис. 5).

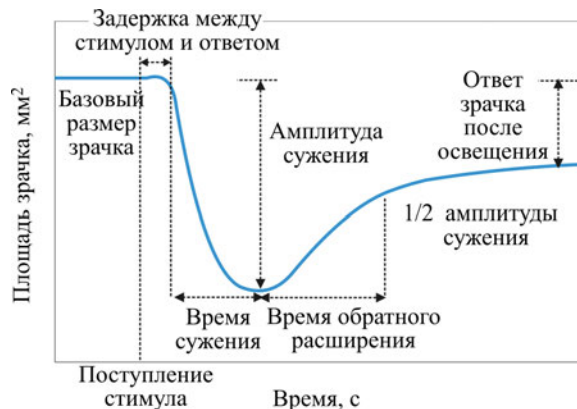


Рис. 5. Зависимость реакции зрачка на суживающий световой импульс [23]

Стандартный отклик характеризуется базовым размером зрачка (без светового стимула), амплитудой максимального сужения зрачка (при воздействии светового стимула) и ответом зрачка после освещения (post-illumination pupil response) PIPR. Именно показатель PIPR несет информацию об эффективности управления зрачком на сужение.

Исследования светового рефлекса зрачка мышей, на которых обычно проводится масштабное изучение роли ганглиозных клеток в управле-

нии зрачком при разных световых стимулах, показали, что при синем свете 480 нм зрачок сужается значительно больше, чем при красном световом стимуле [24].

Аналогичные исследования были проведены на двух группах волонтеров. В одной группе волонтеры имели хорошее зрение, а во второй – были слепыми [34].

Доказано, что при люминесцентном освещении 4000 К, при освещенности на роговице 135 люмен 1,14·10¹⁴ (photons/cm²/s) и вычисленной облученности световых раздражителей сетчатки глаза – 0,54 mw/cm², диаметр зрачка равен 4,19 мм. Это свидетельствует о том, что освещение люминесцентной лампой при провале в спектре в области 480 нм оказывает комплексное воздействие. Эффект воздействия световых стимулов (синего 470 нм и зеленого 532 нм) и отдельно синего света на глаза волонтеров описывает в своей работе Soomin Lee et al. [28]. Результирующие отклики PIPR представлены на рис. 6.

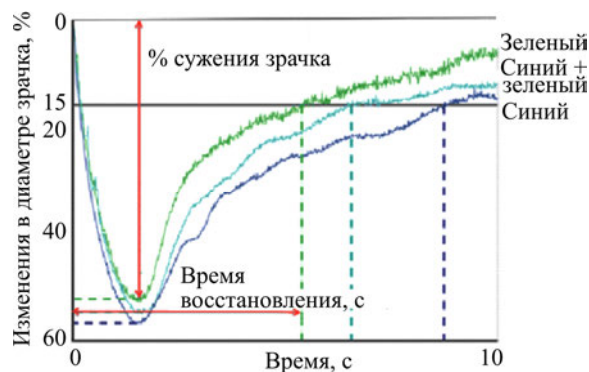


Рис. 6. Изменения диаметра зрачка японских волонтеров при раздельном и одновременном воздействии импульсами синего (470 нм) и зеленого (532 нм) света (источник света – матрица с отдельными светодиодами с провалом в области 480 нм)

Приведенная зависимость наглядно иллюстрирует, почему в фотооптических приборах ЭОП происходит увеличение диаметра зрачка, которое учитывает формула (2).

В настоящее время в исследованиях по оценке значения показателя PIPR используются источники синего и красного светов с разными длинами волн, с учетом лекарственной стимуляции глаз. Так, для оценки показателя PIPR D.H. McDougal и P.D.R. Gamlin в своей работе применяли источники красного света длиной 613 нм и синего света длиной 493 нм (рис. 7).

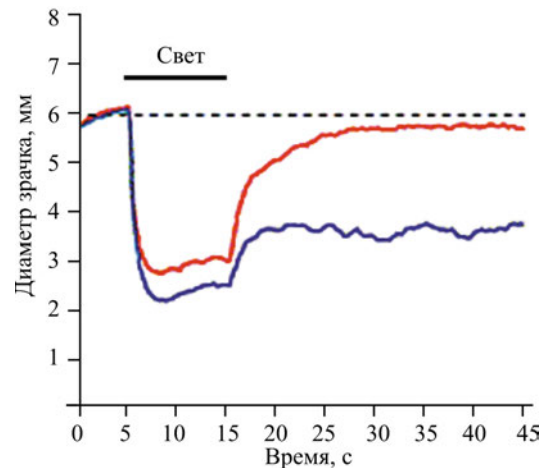


Рис. 7. Сужение зрачка, индуцированное 10 с световым стимулом 493 нм длины волны при 14.0 log quanta cm⁻² s⁻¹ облученности (синяя кривая) и 613 нм длины волны при 14.0 log quanta cm⁻² s⁻¹ облученности (красная кривая)

В другой работе для оценки показателя PIPR использовались световые стимулы 660 и 470 нм при применении лекарственной стимуляции глаз [38]. Возбуждение происходило постоянным и непрерывным стимулом 300 кд/м² от 0 до 20-й секунды. Когда световый раздражитель прекращался, довольно быстро наступало расширение зрачка. Во всех проведенных исследованиях показатель PIPR при стимуляции синим светом имел большие значения, чем при стимуляции красным. Это важно учитывать при оценке диаметра зрачка глаза в световой среде искусственных источников света. Исследования по критерию показателя PIPR распространяются не только на здоровых волонтеров различных национальностей, но и на волонтеров, имеющих те или иные заболевания.

Также было проиллюстрировано, что на показатель PIPR глаза влияет возрастная макулярная дегенерация – прогрессирующее заболевание, характеризующееся поражением макулярной зоны (центральной зоны сетчатки в заднем полюсе глазного яблока), где находится всего три слоя ганглиозных клеток [32]. Поражение части клеток снижает эффективность управления диаметром зрачка на сжатие под воздействия синего света. Синий свет является хорошим стимулом для выявления людей с диагнозом ВМД (ABD) по реакции зрачка на сжатие. Исследователи отмечают, что меланопсин, управляющий величиной PIPR, дисфункционален (неэффективен) при наличии у волонтера начальной стадии возрастной макулярной дегенерации (AMD) [32].

Специалисты Института здоровья и биомедицинских инноваций, Технологического университета Квинсленда (Австралия) изучили клиническую полезность меланопсина ганглиозных клеток (ipRGC), контролирующей реакции post-illumination зрачка (PIPR), в качестве нового метода для документирования внутренней функции сетчатки у пациентов с диабетом типа II, не имеющих ретинопатии [45]. PIPR измеряли у двух групп людей: 1) пациенты с сахарным диабетом II типа с нормальной толщиной сетчатки глаза и без диабетической ретинопатии; 2) здоровые волонтеры. В обоих случаях стимуляция проводилась синим светом (длиной волны 488 нм) и красным светом (длиной волны 610 нм). В результате исследований установлено, что у волонтеров с диабетом значения показателя PIPR резко падали и не удерживали зрачок в суженном состоянии.

Приведенные выше зависимости эффективности управления диаметром зрачка глаза на сужение по величине показателя PIPR иллюстрируют следующее:

- метод оценки по критерию «отклик зрачка после освещения» PIPR применим для всех световых стимулов (синего, красного, зеленого и их комбинации);

- зрачок наиболее эффективно откликается на стимул синего света с длиной волны 480 нм и имеет максимальную величину сужения зрачка, которая, как и показатель PIPR, зависит от величины фотонного потока;

- показатели критерия PIPR имеют наибольшие значения при воздействии синего света, чем при красном и зеленом световых стимулах;

- при стимуляции зрачка синим светом показатели критерия PIPR неадекватно зависели от лекарственных препаратов и уменьшались при наличии у человека возрастной макулярной дегенерации, начальных стадий сахарного диабета, не имеющего ретинопатии.

При облучении постоянным светом величина показателя PIPR совпадает с величиной максимального сужения зрачка и удерживается на этой величине.

Слияние двух этапов работы зрачка мы определим как меланопсиновый эффект удержания зрачка при его сужении в световой среде. Из этого следует, что для эффективного поддержания зрачка в суженном состоянии в спектре света должна присутствовать необходимая доза синего света 480 нм. Такой оптимальный уровень дозы синего света 480 нм имеет солнечный свет, а все искусственные источники света имеют

в спектре света провал в области 480 нм [6, 15]. Последствия этой особенности люминесцентного и светодиодного освещения можно оценить только с позиции общесистемного подхода к работе зрительного анализатора и качеству зрения человека в целом. Ухудшение зрения хорошо коррелирует с массовым внедрением энергосберегающего освещения в государствах с устойчивыми национальными предпочтениями в питании и образе жизни. К таким странам относятся Южная Корея, Япония, Китай. Жизнь, на всех ступенях ее развития, – «постоянное приспособление ... к условиям существования» (И.М. Сеченов, 1863), то есть жизнь – непрерывающийся процесс адаптации к постоянно меняющимся условиям среды. Многие авторы считают, что и миопия является адаптационным откликом глаза на световую нагрузку [7, 9].

Рассмотрим эти адаптационные механизмы при отсутствии меланопсинового эффекта удержания зрачка при его сужении в современной искусственной световой среде. Согласно анатомо-физиологической схеме, существуют два взаимосвязанных канала управления зрачком глаза на уменьшение его диаметра.

Первый канал – ганглионарные клетки типа ipRGC. Воспринимая синий свет, они формируют сигнал, который поступает в средний мозг к ядру Эдингер–Вестфала для управления сфинктером зрачка. При этом указано, что сигнал от ганглиозных клеток, объединяющих RGB-колбочки, поступает только в латеральное колленчатое тело.

Второй канал – зрительные фоточувствительные клетки (палочки и колбочки, объединенные ганглиозными клетками, составляют 80 % от общего количества клеток). Они формируют сигналы для латерального колленчатого тела и полей зрительной коры. В поле 9-й коры больших полушарий головного мозга формируются корректирующие сигналы, которые, проходя через претектальный район, попадают в ядро Эдингер–Вестфала. Структуры ядра Эдингер–Вестфала интегрируют: а) сигналы от ганглиозных клеток с подтипом меланопсина ipRGC, которые управляют сфинктером зрачка; б) сигналы ганглиозных клеток (интегрирующих сигнал от палочек и колбочек), которые управляют цилиарной мышцей и регулируют поток водянистой влаги в Шлеммовом канале.

В цилиарной мышце различают четыре типа мышечных волокон. К *первому типу* относятся меридиональные мышечные волокна (мышца Брюкке). Они находятся в наружной

части и развиты особенно хорошо. Эти волокна начинаются от склеральной шпоры, внутренней поверхности склеры, тотчас кзади от шпоры, иногда от корнеосклеральной трабекулы; идут компактным пучком меридионально кзади и, постепенно истончаясь, заканчиваются в экваториальной области хориоидеи и супрахориоидеи. Задние концы более глубоко расположенных меридиональных волокон ресничной мышцы переходят в эластические фибриллы собственно сосудистой оболочки и мембраны Бруха. Сокращение продольных волокон приводит также к растяжению трабекулярной мембраны и расширению Шлеммова канала, что увеличивает резорбтивную контактную поверхность трабекулярной ленты и улучшает отток водянистой влаги из глаза.

Ко *второму типу* относят радиальные или косые мышечные волокна (мышца Иванова). Они имеют менее правильное и более рыхлое строение. Волокна лежат в строме цилиарного тела, внутри от меридиональной мышцы, начавшись от угла передней камеры и частично от увеальной трабекулы.

Третий тип – циркулярные мышечные волокна (мышца Мюллера). Состоят из отдельных пучков волокон, не образующих компактной мышечной массы и имеющих циркулярное направление. Они расположены в передне-внутреннем отделе цилиарного тела, у внутреннего ребра. Эти волокна рассматриваются как часть радиальной мышцы. Сокращение радиальной и циркулярной порций цилиарной мышцы уменьшает просвет кольца, образуемого цилиарным телом ЦТ, и тем самым приближает место фиксации цинновой связки к экватору хрусталика, что приводит к увеличению его кривизны.

К *четвертому типу* относятся иридажные мышечные волокна (мышца Калазанса), расположенные у места соединения корня радужки и цилиарной мышцы. Представлены тонким пучком мышечных волокон, идущих к корню радужки. Очевидно, регулируют зазор между хрусталиком и радужкой, обеспечивая минимальное динамическое сопротивление для оттока водянистой влаги из задней камеры в переднюю.

Совместная работа перечисленных мышц обеспечивает акт аккомодации. При напряжении цилиарной мышцы связки расслабляются, снижая напряжение капсулы хрусталика. При этом форма хрусталика становится округлой, а сам он передвигается по оптической оси в сторону радужки. Общая схема таких перемещений изложена в работах биомеханика И.Н. Ко-

шица. Но модели перемещений хорошо изучены у взрослых людей, а не у детей. Цилиарное тело богато нервными окончаниями, однако у новорожденных оно развито недостаточно, поэтому многие заболевания протекают безболезненно. Только к 7–10-летнему возрасту цилиарное тело становится функционально полноценным [2, 12, 21]. С учетом этого факта очень важно, чтобы спектр искусственной световой среды был адекватен солнечному свету.

В любом возрасте рассматривание предмета, располагающегося на близком расстоянии, сопровождается аккомодацией, конвергенцией и сужением зрачка. С помощью этих трех физиологических механизмов осуществляется возможность лучшего восприятия, лучшего видения рассматриваемого предмета. По существу все три явления представляют собой слагаемые одного акта – установки глаз на близкое расстояние. Раньше было много споров насчет того, с чем связано сужение зрачков при рассматривании предмета на близком расстоянии – с аккомодацией или с конвергенцией. Оказалось – и с тем, и с другим. Сужение зрачков при установке глаз на близкое расстояние осуществляется только тогда, когда предмет находится на расстоянии 40 см от глаз и ближе. Наиболее резко проявляется сужение зрачков при расстоянии предмета от глаз 15–20 см. На рис. 8 приведена зависимость изменения диаметра зрачка от уровня аккомодации.

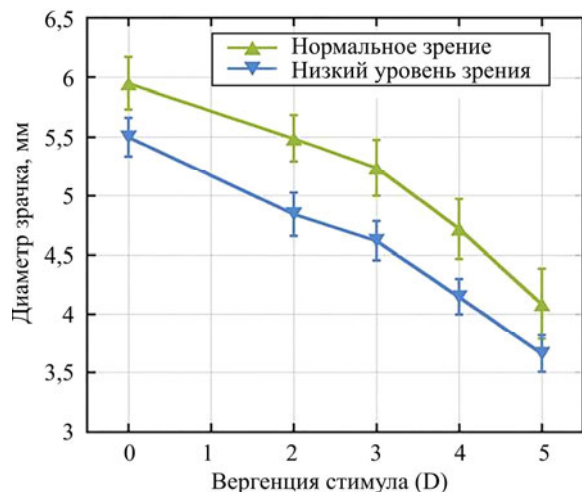


Рис. 8. Зависимость изменения диаметра зрачка от уровня аккомодации [44]

Наиболее признанной теорией аккомодации является теория Гельмгольца, который показал, что при ее максимальном напряжении переднезадний размер хрусталика увеличивает-

ся с 3,6 до 4,0 мм, радиус кривизны передней поверхности хрусталика изменяется с 10 до 6 мм, задней поверхности – с 6,0 до 5,6 мм [19]. Чем больше уровень аккомодации, тем меньше передний радиус хрусталика, который имеет свои физические и возрастные ограничения [37].

Уменьшение кривизны хрусталика и продвижение его к радужке приводит к дополнительному напряжению мышцы Калазанса для обеспечения адекватного зазора между хрусталиком и радужкой, то есть равенство притока и оттока водянистой влаги. В 2010 г. Janice Tarrant et al. исследовал вопросы взаимосвязи кривизны хрусталика, четкости изображения, аберраций волнового фронта и процессов аккомодации [44]. В своих работах они применяли анализатор волнового фронта для измерения глазной аберрации у 13 волонтеров с хорошим зрением (emmetropes) и 17 волонтеров с миопией для рассмотрения 4 предметов на разных расстояниях. При приближении рассматриваемого предмета сужение зрачков проявляется сначала в очень небольшой степени, затем они суживаются резко и быстро. При усилении аккомодации и конвергенции, которые действуют синергично, происходит дополнительное сужение зрачка. Диапазон сужения зрачков при установке глаз на близкое расстояние бывает самый разнообразный [16, 37, 39]. Это говорит о том, что при миопии цилиарная мышца напряжена, больше, чем при эметропии. В этом случае хрусталик более выпукл, и происходит первоначальное нарушение равенства между притоком и оттоком водянистой влаги.

Механизм сужения и удержания зрачка глаза при аккомодации и конвергенции привлекает исследователей для решения прикладных задач [25, 27]. В своих работах для формирования зрительных образов авторы применяли ЖК-мониторы, OLED-микродисплей и лист белой бумаги с буквами, подсвеченными лампой накаливания. Ученых более всего интересовало влияние синего света 480 нм на управление диаметром зрачка при его освещении светом, отличным от солнечного. Некоторые авторы в качестве зрительного стимула использовали буквы на экране ЖК-монитора и OLED-микродисплея (eMagin, США) [25]. Уровень освещенности составлял порядка 15 кд/м². Исследовалось две ситуации: далеко (ЖК-монитор) – 2,75 м; близко (OLED-микродисплей) – 30 см. Исследования проводились при участии волонтеров – молодых людей в возрасте $27,8 \pm 2,4$ г.

Другие исследователи в качестве зрительного стимула использовали ЖК-монитор для просмотра фильмов, а в качестве волонтеров у них выступали дети (что очень актуально) в возрасте от 6 до 16 лет [27]: 76 – были типично развивающиеся дети и 41 ребенок – с синдромом Дауна (DS). В ходе проведения исследования получена зависимость изменения диаметра зрачка от уровня аккомодация (рис. 9).

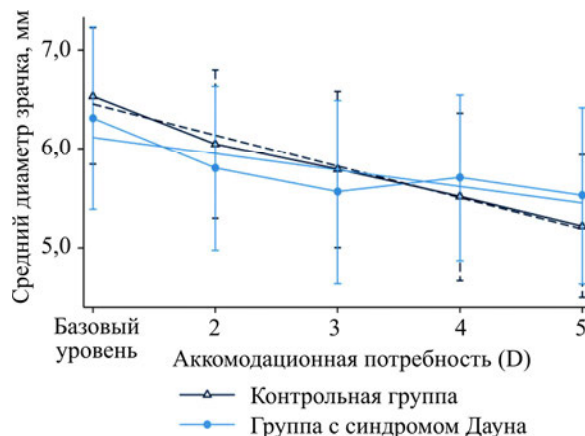


Рис. 9. Зависимость изменения диаметра зрачка от уровня аккомодация

В работе S. Plainis в качестве предмета наблюдения была буква «Е», напечатанная на белой бумаге, освещенной лампой накаливания [40]. Яркость фона – 5 кд/м². Тем не менее освещенность сетчатки глаза не была постоянной для каждого предмета и размещения уровня из-за различий в размерах зрачка. Все измерения проводились с естественными зрачками, без введения каких-либо препаратов (мидриатического или циклоплегического). В исследованиях приняли участие семь волонтеров в возрасте от 23 до 33 лет (средний возраст – 28 лет). Четыре волонтера имели нормальное зрение (emmetropes), а три волонтера – низкий уровень зрения (myopes) (диапазон: от –2,00 до –2,50 D), скорректированный очками [40]. Чем выше был адаптивный ответ, тем больше была степень миоза, и это отношение носило линейный характер. Каждая диоптрия аккомодации индуцирует 0,18 мм сужения зрачка. Линейный характер зависимости хорошо коррелирует с зависимостью, представленной на рис. 9.

Исходя из взаимного расположения хрусталика, радужной оболочки, ресничной мышцы и высокой чувствительности системы управления диаметром зрачка, можно составить математическую модель (формула 4) фактического значения диаметра зрачка при его закры-

тии в условиях световой среды при выполнении определенной зрительной работы.

$$D_{\phi} = D_n(E, \lambda) - \Delta D(A) - \Delta D(K), \quad (4)$$

где $D_n(E, \lambda)$ – начальный диаметр зрачка при уровне освещенности и спектре света среды обитания;

$\Delta D(A)$ – изменение диаметра зрачка при аккомодации, которая индуцирована степенью напряженности цилиарной мышцы (мышца Брюкке, Иванова, Мюллера и Калазанса);

$\Delta D(K)$ – изменение диаметра зрачка при конвергенции.

С методической точки зрения очень важно, к какому значению стремится текущее значение диаметра зрачка при выполнении зрительной работы.

Качество зрительного восприятия зависит от разрешающей способности сетчатки, дифракции света в области зрачка и свойств оптических сред глаз. Одной из особенностей человеческого глаза является наличие глубины фокусной области, в пределах которой может не происходить изменения качества изображения. Значит, существует оптимально достаточное значение диаметра зрачка, которое обеспечивает такую фокусную настройку.

Зрительное восприятие регулируется не только физиологической оптикой, но и корковыми структурами центральной нервной системы. Улучшая оптику глаза путем снижения aberrации, можно повысить зрительное разрешение от обычного уровня к более высокому.

Различают хроматическую, дифракционную и сферическую aberrации.

Хроматическая aberrация – искажение изображения, связанное с тем, что лучи видимого света, имея разную длину волны и падая на линзу параллельным пучком, преломляясь, фокусируются не в одной точке. Коротковолновые лучи (сине-зеленые) фокусируются дальше от сетчатки, чем длинноволновые (красные). Это явление называется хроматизмом положения. В результате изображение размывается, и края его окрашиваются. Если фокус синих лучей совместить с сетчаткой, изображение точки будет окружено красным ореолом, и наоборот. Очертания воспринимаемых предметов могут окрашиваться при гиперметропии – красным, при миопии – синим цветом. В условиях освещения белым светом человек не различает цветные каемки вокруг наблюдаемых предметов. Это объясняется наложением цветных ореолов один на другой и малыми угловыми раз-

мерами цветных каемок. Хроматические aberrации не оказывают существенного влияния на центральное зрение.

Дифракционная aberrация связана с нарушением прямолинейности, отклонением световой волны при ее распространении мимо резких краев непрозрачных или прозрачных структур, формирующих отверстия. Такой структурой в глазу является зрачок. В результате дифракции света на границе зрачка, где согласно законам геометрической оптики должен быть четкий переход от тени к свету, возникает ряд светлых и темных дифракционных колец, проецируемых на сетчатку. С уменьшением диаметра зрачка диаметр дифракционного круга светорассеяния увеличивается. Но при этом сферическая aberrация уменьшается.

Сферическая aberrация характеризует состояние, при котором есть различие в преломлении светового луча между центром сферической оптической поверхности и ее периферией. В основе сферической aberrации лежит кривизна роговицы и хрусталика. Влияние сферической aberrации на качество изображения зависит от величины зрачка. При малых размерах зрачка – от 2 до 4 мм – сферическая aberrация минимальна, но резко возрастает при расширении зрачка. Для поддержания качества изображения на максимальном уровне при обеспечении минимального уровня дифракционной и сферической aberrаций необходимо обеспечить оптимально достаточную величину диаметра зрачка ($D_{од}$) не только для обеспечения минимального уровня aberrации, но и для обеспечения процесса аккомодации (5) [1].

$$D_{од} = D_n(E, \lambda) - \Delta D(A) - \Delta D(K) = \text{const.} \quad (5)$$

$D_n(E, \lambda)$ – формирует уровень освещенности и спектр света среды обитания.

Все современные энергосберегающие источники света имеют низкий уровень энергии на длине волны 480 нм из-за провала в этой области по сравнению со спектром солнечного света при той же цветовой температуре и уровне освещенности. Неадекватная работа канала управления диаметром зрачка в условиях искусственного освещения приводит к нарушению условий меланопсинового эффекта удержания зрачка при его сужении. Что в свою очередь провоцирует на дополнительную работу ресничную мышцу для поддержания качественного зрения. Все это в совокупности при длительной зрительной нагрузке в условиях современной световой среды увеличивает риски возникновения глазных болезней.

При остаточном напряжении ресничной мышцы и ее сильном перенапряжении происходит нарушение соотношения притока и оттока водянистой влаги (ВВ). Роль и значимость этих нарушений в развитии миопии подробно изложены в работах И.Н. Кошица и соавт. [17, 18]. В результате этих исследований и из описания механизмов регуляции увеосклерального пути оттока (УСПО) стала более понятной роль радиальной и циркулярной порций ресничных мышц (мышц Иванова и Мюллера) в активной регуляции увеосклерального пути оттока в глазу.

Средняя скорость продуцирования водянистой влаги у человека в норме составляет около $2 \text{ мм}^3/\text{мин}$, диапазон изменения в норме – $1,5\text{--}4,5 \text{ мм}^3/\text{мин}$. Период полного обновления ВВ в глазу составляет 90 мин, т.е. через передний отдел глаза в сутки протекает примерно 3 мл (3 см^3) водянистой влаги при среднем объеме глаза менее $7,5 \text{ мм}^3$. Небольшие вариации в производстве или оттоке внутриглазной жидкости будут иметь большое влияние на внутриглазное давление [14].

Для обеспечения такой производительности и четкой работы мышц по управлению потоками необходимо: 1) чтобы сигналы, поступающие на вход ядра Эдингера–Вестфала, формировались при воздействии солнечного спектра света на клетки сетчатки; 2) чтобы солнечный спектр света адаптировал структуру зрительного анализатора под адекватные алгоритмы работы функциональных элементов для обеспечения качества зрения при минимизации рисков заболеваний. Спектр солнечного света с учетом гигиенических ограничений адекватно управляет состоянием мышцы Брюкке, Мюллера и Иванова, а также состоянием клапанов оттока водянистой жидкости, которые рассмотрены в работе И.Н. Кошица и соавт. [17]. Дополнительно нами рассмотрено состояние мышцы Калазанса, которая управляет размером зазора между радужкой и хрусталиком при аккомодации. Роли и работе клапана «ирис – хрусталик» в рассмотренных моделях управления потоком водянистой влаги не уделялось достаточного внимания [17]. Хотя в моделях развития глаукомы активно обсуждается роль этого зазора, но без учета состояния (деградации) мышц Калазанса. В частности, специалисты кафедры биомедицинской инженерии и факультета химической технологии и материаловедения Университета Миннесоты провели математическое моделирование процессов аккомодационных микрофлюктуаций и контура радужки [30]. Исследования

продолжаются, но их математические модели не учитывают работу мышц Калазанса.

На медикаментозных моделях различных тонических состояний цилиарной мышцы было установлено, что работа аккомодационного аппарата имеет непосредственное отношение к гидродинамике глаза, причем направление перемещения и объемы жидкости зависят от амплитуды флюктуаций аккомодации. Спектр света, не адекватный солнечному спектру, порождает дисгармонизацию в работе функциональных элементов зрительного анализатора и это проявляется в виде:

- расширенного зрачка при отсутствии в спектре света 480 нм, что характерно для энергосберегающего освещения и подсветки мониторов;

- нарушения синтеза родопсина из витамина А – провал в спектре 380 и 480 нм;

- синдрома сухих глаз при работе за мониторами, что свидетельствует о нарушении управления водянистой влагой;

- тенденции увеличения внутриглазного давления при длительном нахождении (5 часов) в условиях светодиодного освещения [8]. Так, внутриглазное давление, измеренное методом бесконтактной тонометрии (T_n), составляло до начала исследования $17,35 \pm 1,1 \text{ мм рт. ст.}$ и после его завершения $17,67 \pm 1,1 \text{ мм рт. ст.}$ (5 дней) при уровне освещенности 400 лк и коррелированной цветовой температуре 4000–4500 К [30].

Для истинного внутриглазного давления зона низкой нормы (9–12 мм рт. ст.), зона средней нормы (13–16 мм рт. ст.) и зона высокой нормы (17–22 мм рт. ст.) зависят как от анатомических особенностей расположения венозного синуса, так и от особенностей прикрепления ресничной мышцы к склеральной шпоре. Все это иллюстрирует, что в условиях искусственного освещения имеет место дисгармонизация в управлении потоками водянистой влаги из-за дополнительной компенсации мышцами ресничного тела неэффективного управления сужением зрачка при рассмотрении предмета вблизи. Накопленное напряжение в мышцах, управляющих потоками водянистой влаги, увеличивает риски повышения неопределенности в управлении состоянием «клапанов» трабекулярного и увеосклерального путей. При этом нарушение равенства «притока и оттока» водянистой влаги приводит к формированию избыточного ее количества, создавая предпосылки к ускоренному удлинению оптической оси глаза.

Средний размер глаза человека в длину от роговицы до центра сетчатки составляет 23,5 мм. Каждый прирост глаза на 1 мм в длину добавляет 3,0 диоптрии миопии.

Нарушение оттока водянистой влаги на протяжении времени является предпосылкой для развития глаукомы, хориоидальной неоваскуляризации и макулярной дегенерации [8, 28, 33]. Что касается катаракты, существуют различные исследования ее связи с миопией высокой степени [36].

При нарушении условий меланопсинового эффекта удержания зрачка при его сужении происходят системные деструктивные изменения в функциональных элементах глаза. В современной системе освещения и устройствах отображения информации таким системным раздражителем является неадекватное управление диаметром зрачка в течение длительного времени, что дополнительно нагружает механизм аккомодации и конвергенции.

Выводы:

1. Современные математические модели флюктуаций диаметра зрачка глаза нуждаются в уточнении с учетом новых знаний о функциональных особенностях клеток сетчатки и спектра энергосберегающих источников света.

2. Сформулированы условия меланопсинового эффекта удержания зрачка при его сужении в световой среде, заключающееся в том, что в спектре любого искусственного источника должна присутствовать необходимая доза синего света 480 нм.

3. Неадекватное управление диаметром зрачка в условиях искусственного освещения приводит к нарушению условий меланопсинового эффекта удержания зрачка при его сужении и дополнительной работе ресничной мышцы для поддержания качественного зрения и соблюдения соотношения притока и оттока водянистой влаги. Все это в совокупности при длительной зрительной нагрузке увеличивает риски возникновения глазных болезней в условиях современной световой среды.

Список литературы

1. Аветисов С.Э., Шелудченко В.М. Нужно ли нам супер-зрение? Аберрации глаза [Электронный ресурс] // Клиническая физиология глаза. – 2006. – С. 488–501. – URL: <http://miroft.org.ua/originalarts/315.html> (дата обращения: 13.10.2016)
2. Бакуткин В.В., Киричук В.Ф., Кузнецова Э.В. Влияние динамической электростимуляции на аккомодационные способности глаза человека // Проблемы оптической физики и биофотоники: материалы XIII Междунар. молодежной научной школы по оптике, лазерной физике и биофотонике. – Саратов: Новый ветер, 2009. – 219 с.
3. Берман С.М., Клиер Р.Д. Недавно открытый фоторецептор человека и предыдущие исследования в области зрения // Светотехника. – 2008. – № 3. – С. 49–53.
4. ГОСТ ИЕС/TR 60825-9-2013. Безопасность лазерной аппаратуры. Ч. 9. Компиляция максимально допустимой экспозиции некогерентного оптического излучения [Электронный ресурс]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 36 с. – URL: <http://gostpdf.ru/cont/files/60825-9-2013/gost-60825-9-2013.13333.pdf> (дата обращения: 02.10.2016).
5. ГОСТ Р МЭК 62471-2013. Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность. – М., 2013. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200104817> (дата обращения: 10.10.2016).
6. Дейнего В.Н., Капцов В.А. Свет энергосберегающих и светодиодных ламп и здоровье человека // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 81–84.
7. Дорошева Е.А. Эволюционный подход к вопросам формирования близорукости: перестройка зрительного анализатора как адаптация к социокультурным условиям // Экспериментальная психология. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 83–96.
8. Исследование эффективности и безопасности для здоровья светодиодных источников света / М.В. Осико, О.А. Гизингер, Л.Ф. Телешева, И.И. Долгушин, О.И. Огнева, А.А. Федосов, А.В. Кудряшов, М.Г. Вахитов, А.С. Калинина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 566.
9. Классификация исполнительных механизмов «предметной» аккомодации у человека / И.Н. Кошиц, О.В. Светлова, Ф.Н. Макаров, Г.А. Шилкин // Российская детская офтальмология. – 2012. – № 4. – С. 28–36.
10. Клиническая анатомия органа зрения: части цилиарного тела [Электронный ресурс] // StudFiles: файловый архив студентов. – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/2243441/page/7/> (дата обращения: 15.10.2016).
11. Мешков В.В. Основа светотехники. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 416 с.

12. Николаенко Г.А. Цилиарное тело глаза человека в онтогенезе: дис. ... канд. мед. наук. – Владивосток: Владивостокский государственный медицинский университет, 2005. – 140 с.
13. Пенегин Н.И. Влияние яркости и размера поля зрения на диаметр зрачка // Труды I конф. по физиол. оптике. – М.; Л., 1936. – 396 с.
14. Першин Б.С. Гидродинамический баланс глазного яблока при интравитреальном введении дополнительного объема жидкости (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... канд. мед. наук. – М., 2012. – 124 с.
15. Профилактика глазных заболеваний у детей и подростков в учебных помещениях со светодинамическими источниками света первого поколения / В.Н. Дейнего, В.А. Капцов, Л.И. Балашевич, О.В. Светлова, Ф.Н. Макаров, М.Г. Гусева, И.Н. Кошиц // Российская детская офтальмология. – 2016. – № 2. – С. 57–72.
16. Реакция зрачков при установке глаз на близкое расстояние [Электронный ресурс] // Современная офтальмология: информационный портал. – URL: <http://zrenue.com/nejrooftalmologija/51-normalnye-reakcii-suzhenija-zrachkov/387-reakcija-zrachka-pri-ustanovke-glaz-na-blizkoe-rasstojanie.html> (дата обращения: 15.10.2016).
17. Светлова О.В., Кошиц И.Н. Взаимодействие основных путей оттока внутриглазной жидкости с механизмом аккомодации: учебное пособие. – СПб.: Издат. дом СПб. МАПО, 2002. – 50 с.
18. Светлова О.В., Кошиц И.Н., Дроздова Г.А.. Взаимодействие механизмов оттока водянистой влаги и аккомодации при миопии и глаукоме. Патологическая физиология глаза: монография. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И. И. Мечникова, 2016. – 160 с.
19. Федоров С.Н., Ярцева Н.С., Исманкулов А.О. Рефракция и аккомодация. Глазные болезни. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2005. – 440 с.
20. Хацевич Т.Н. Медицинские оптические приборы: Физиологическая оптика: учебное пособие. – Новосибирск: СГГА, 1998. – Ч.1. – 98 с.
21. Цилиарное тело [Электронный ресурс] // Все новости офтальмологии: национальный офтальмологический проект. – URL: <http://www.eyenews.ru/12/13/112> (дата обращения: 15.10.2016).
22. Электронно-оптический преобразователь (ЭОП) [Электронный ресурс]. – URL: <http://go-radio.ru/electronno-opticheskiy-preobrazovatel.html> (дата обращения: 10.10.2016).
23. Adhikari P., Zele A.J., Feigl B. Post-Illumination Pupil Response // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2015. – Vol. 56. – P. 3838–3849. DOI:10.1167/iovs.14-16233.
24. Characterization of structure and function of the mouse retina using pattern electroretinography, pupil light reflex, and optical coherence tomography / K. Mohan, M.M. Harper, H. Kecova, E.A. Ye, T. Lazic, D.S. Sakaguchi, R.H. Kardon, S.D. Grozdanic // Vet. Ophthalmol. – 2012. – Vol. 15, № 2. – P. 94–104. DOI: 10.1111/j.1463-5224.2012.01034.x.
25. Chirre E., Prieto P.M., Artal P. Dynamics of the near response under natural viewing conditions with an open-view sensor // Biomed Opt Express. – 2015. – Vol. 6, № 10. – P. 4200–4211. DOI: 10.1364/BOE.6.004200
26. Contribution of human melanopsin retinal ganglion cells to steady-state pupil responses / Sei-ichi Tsujimura, K. Ukai, D. Ohama, A. Nuruki, K. Yunokuchi // Proc. R. Soc. B. – 2010. – Vol. 277. – P. 2485–2492. DOI:10.1098/rspb.2010.0330.
27. Doyle L., Saunders K.J., Little J.-A. Trying to see, failing to focus: near visual impairment in Down syndrome [Электронный ресурс] // Scientific Reports. – 2016. DOI: 10.1038/srep20444. – URL: <http://www.nature.com/articles/srep20444> (дата обращения: 15.10.2016).
28. Effect of simultaneous exposure to extremely short pulses of blue and green light on human pupillary constriction / S. Lee, S. Ishibashi, Y. Shimomura, T. Katsuura // Journal of Physiological Anthropology. – 2016. – Vol.35. – P. 20. DOI: 10.1186/s40101-016-0109-3.
29. Ensuring safety in LED lighting [Электронный ресурс] // Electronics Weekly.com. – 2012. – URL: <http://www.electronicsworld.com/news/products/led/ensuring-safety-in-led-lighting-2012-11> (дата обращения: 02.10.2016).
30. Huang E.C., Barocas V.H. Accommodative microfluctuations and iris contour // Journal of Vision. – 2006. – Vol. 6, № 5. – P. 653–660.
31. Marshall J. Understanding risks of phototoxicity on the eye [Электронный ресурс] // Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics. – 2014. – № 71. – URL: <http://www.pointsdevue.com/article/understanding-risks-phototoxicity-eye> (дата обращения: 10.10.2016).
32. Maynard M.L., Zele A.J., Feigl B. Melanopsin-Mediated Post-Illumination Pupil Response in Early Age-Related Macular Degeneration // Investigative Ophthalmology & Visual Science October. – 2015. – Vol.56. – P. 6906–6913. DOI:10.1167/iovs.15-17357.
33. McDougal D.H., Gamlin P.D.R. Pupillary Control Pathways // The Senses: A Comprehensive Reference. – 2008. – Vol. 1. – P. 521–536.

34. Melanopsin and Rod–Cone Photoreceptors Play Different Roles in Mediating Pupillary Light Responses during Exposure to Continuous Light in Humans Меланопсин и Род-Cone Humans / J.J. Gooley, I.H. Mien, M.A.St. Hilaire, S.-C. Yeo, E. Chern-Pin Chua, E. van Reen, C.J. Hanley, J.T. Hull, C.A. Czeisler, S.W. Lockley // *Journal of Neuroscience*. – 2012. – Vol. 32, № 41. – P. 14242–14253. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1321-12.2012.
35. Morgan I.G., Ohno-Matsui K., Saw S.M. Myopia // *Lancet*. – 2012. – Vol.379, № 9827. – P. 1739–1748.
36. Myopia and age-related cataract: a systematic review and meta-analysis / C.W. Pan, C.Y. Cheng, S.M. Saw, J.J. Wang, T.Y. Wong // *Am. J. Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 156, № 5. – P. 1021–1033.
37. Navarro R., Santamaría J., Bescós J. Accommodation-dependent model of the human eye with aspherics // *Journal of the Optical Society of America A*. – 1985. – Vol. 2, № 8. – P. 1273–1280. DOI: 10.1364/JOSAA.2.001273.
38. Nissen C., Sander B., Lund-Andersen H. The Effect of Pupil Size on Stimulation of the Melanopsin Containing Retinal Ganglion Cells, as Evaluated by Monochromatic Pupillometry // *Frontiers in Neurology*. – 2011. – Vol. 2. – P. 92. DOI: 10.3389/fneur.2011.00092.
39. Plainis S. Accommodative response: Physiology and Behaviour [Электронный ресурс] // 10th Aegean Summer School in Visual Optics Hevsnisos Crete 02.10-04.10, 2011. – URL: <http://publicana.ru/files/mechanizm-akkommodacii-glaza.pdf> (дата обращения: 24.10.2016).
40. Plainis S., Ginis H.S., Pallikaris A. The effect of ocular aberrations on steady-state errors of accommodative response // *J.Vis.* – 2005. – Vol.5, № 7. – P. 466–477.
41. Prevalence of Myopia and its Association with Body Stature and Educational Level in 19-Year-Old Male Conscripts in Seoul, South Korea / S.K. Jung, J.H. Lee, H. Kakizaki, D. Jee // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2012. – Vol. 53, № 9. – P. 5579–5583. DOI: 10.1167/iovs.12-10106.
42. Short wavelength enrichment of polychromatic light enhances human melatonin suppression potency / G.C. Brainard, J.P. Hanifin, B Warfield., M. Stone, M. James, M. Ayers, A. Kubey, B. Byrne, M. Rollag // *J. Pineal Res.* – 2015. – Vol. 58. – P. 352–361.
43. Sliney D.H. Health and safety implications of new lighting technologies // *Light and Engineering*. – 2010. – Vol. 18, № 4. – P. 20–22.
44. Tarrant J., Roorda A., Wildsoet C.F. Determining the accommodative response from wavefront aberrations // *Journal of Vision*. – 2010. – Vol. 10, № 5. – P. 4.
45. The post-illumination pupil response of melanopsin-expressing intrinsically photosensitive retinal ganglion cells in diabetes / B.L. Feigl, A.J. Zele, S.M. Fader, A.N. Howes, C.E. Hughes, K.A. Jones, R. Jones // *Acta Ophthalmol.* – 2012. – Vol. 90, № 3. – P. 230–234. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2011.02226.x.
46. Watson A.B., Yellott J.I. A unified formula for light-adapted pupil size // *Journal of Vision*. – 2012. – Vol.12, № 12. – P. 1–16. DOI:10.1167/12.10.12.

Капцов В.А., Дейнего В.Н. Нарушение меланопсинового эффекта сужения зрачка – фактор риска заболевания глаз // Анализ риска здоровью. – 2017. – №1. – С. 132–148. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.15

UDC 614/5:644.36

DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.15.eng

DISORDERS IN MELANOPSIN EFFECT OF PUPIL CONSTRICTION AS A RISK FACTOR CAUSING EYE DISEASES

V.A. Kaptsov¹, V.N.Dainego²

¹All-Russian Research Institute of Railway Hygiene, 1 Pakgauznoe Shosse Str., Bldg. 1, Moscow, 125438, Russian Federation

²Scientific-production company «ELTAN LTD», 2 Zavodskoy avenue, Fryazino, 141190, Russian Federation

Risks of eye damage and eyesight deterioration to a great extent depend on how efficient a biomechanical eye system is under energy-saving lighting conditions. The system's efficiency is determined by its adequacy in managing pupils and ciliary muscle.

We analyzed mathematical models describing changes in pupil's diameter which were determined by light-technical parameters of illumination environment (luminance level and brightness). We highlighted the importance of ganglionic cells and the role they play in managing pupil's diameter (miosis) when they are exposed to blue light within 480 nm spectrum. Basing on the assessment of a pupil's constriction under exposure to various light stimuli (blue, red, and green ones) we worked out a melanopsin effect concept of a pupil's retention at miosis and showed that it could be a diagnostic sign of some diseases (age-related direct retinopathy, pancreatic diabetes) under exposure to a blue light impulse with a certain wave length. Under exposure to blue light within 480 nm spectrum ganglionic cells form a managing signal for a sphincter muscle of a pupil and ciliary muscle which provides accommodation (as per Helmholtz) and regulates aqueous humor flow in ciliary channel.

All modern energy-saving light sources have a low energy level at wave length equal to 480 nm due to gap in their spectrum in comparison with sunlight spectrum with the same light temperature and luminance level. Inadequate management of pupil's diameter under artificial lighting conditions leads to melanopsin effect disorders and causes disharmony in managing aqueous humor outflow. All the above-stated factors under long-term visual load cause eye diseases risks in modern illumination environment.

We detected that contemporary mathematic models describing pupil's diameter fluctuations needed to be refined allowing for new knowledge on functional peculiarities of retina cells and energy-saving light sources spectrum.

Key words: biomechanical eye system, LED illumination, blue light, pupil constriction, ganglionic cells, melanopsin effect, myopia evolvement risk

References

1. Avetisov S.E., Sheludchenko V.M. Nuzhno li nam super-zrenie? Aberratsii glaza [Do we need super sight? Eye aberration]. *Klinicheskaya fiziologiya glaza*, 2006, pp. 488–501. Available at: <http://miroft.org.ua/originalarts/315.html> (13.10.2016).
2. Bakutkin V.V., Kirichuk V.F., Kuznetsova E.V. Vliyanie dinamicheskoi elektroneirostimulyatsii na akkomodatsionnye sposobnosti glaza cheloveka [Influence exerted by electrical neurostimulation on accommodation capacity of a human eye]. *Problemy opticheskoi fiziki i biofotoniki: materialy XIII Mezhdunar. Molodezhnoi nauchnoi shkoly po optike, lazernoi fizike i biofotonike [Issues of optical physics and biophotonics: materials of XIII International Youth scientific school on optics, laser physics and biophotonics]*. Saratov, Novyi veter Publ., 2009, 219 p. (in Russian).
3. Berman S.M., Klier R.D. Nedavno otkryti fotoretseptor cheloveka i predydushchie issledovaniya v oblasti zreniya. *Svetotekhnika*, 2008, no. 3, pp. 49–53.
4. GOST IEC/TR 60825-9-2013. Bezopasnost' lazernoi apparatury. Chast' 9. Kompilyatsiya maksimal'no dopustimoi ekspozitsii nekogerentnogo opticheskogo izlucheniya [State Standard IEC/TR 60825-9-2013. Laser equipment safety. Part 9. Compilation of maximum allowable exposure to incoherent optical radiation]. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 36 p. Available at: <http://gostpdf.ru/cont/files/60825-9-2013/gost-60825-9-2013.13333.pdf> (02.10.2016).

© Kaptsov V.A., Dainego V.N., 2017

Valeriy A. Kaptsov – Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, prof., Head of the Occupational Health Department (e-mail: kapcovva39@mail.ru; tel.: + 7 (499) 15-33-628).

Vitaly N. Dainego – Project Manager for Lighting LLC (e-mail: aet@aetechnologies.ru; tel.: + 7 (495) 280-76-07).

5. GOST R MEK 62471-2013. Lampy i lampovye sistemy. Svetobiologicheskaya bezopasnost' [Lamps and lamp systems. Light-biological safety]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200104817> (10.10.2016).
6. Deinego V.N., Kaptsov V.A. Svet energosberegayushchikh i svetodiodnykh lamp i zdorov'e cheloveka [Energy saving and led lamp lighting and human health]. *Gigiena i sanitariya*, 2013, no. 6, pp. 81–84 (in Russian).
7. Dorosheva E.A. Evolyutsionnyi podkhod k voprosam formirovaniya blizorukosti: perestroika zritel'nogo analizatora kak adaptatsiya k sotsiokul'turnym usloviyam [Evolutionary approach to the formation of myopia: the restructuring of the visual analyzer as an adaptation to the social and cultural conditions]. *Ekspertimetal'naya psikhologiya*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 83–96 (in Russian).
8. Osiko M.V., Gizinger O.A., Telesheva L.F., Dolgushin I.I., Ogneva O.I., Fedosov A.A., Kudryashov A.V., Vakhitov M.G., Kalinina A.S. Issledovanie effektivnosti i bezopasnosti dlya zdorov'ya svetodiodnykh istochnikov sveta [Study of led light source effectiveness and health safety]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 6, pp. 566 (in Russian).
9. Koshits I.N., Svetlova O.V., Makarov F.N., Shilkin G.A. Klassifikatsiya ispolnitel'nykh mekhanizmov «predmetnoi» akkomodatsii u cheloveka [Classification of actuating mechanisms of objective accommodation in human being]. *Rossiiskaya detskaya oftalmologiya*, 2012, no. 4, pp. 28–36 (in Russian).
10. Klinicheskaya anatomiya organa zreniya: Chasti tsiliarnogo tela [Clinical anatomy of sight organ: Ciliary body parts]. *StudFiles: failovyi arkhiv studentov*. Available at: <http://www.studfiles.ru/preview/2243441/page/7/> (15.10.2016).
11. Meshkov V.V. Osnova svetotekhniki [Basics of lighting technology]. Moscow, Leningrad, Gosenergoizdat, 1961, 416 p. (in Russian).
12. Nikolaenko G.A. Tsiliarnoe telo glaza cheloveka v ontogeneze: dis... kand. med. nauk. [Ciliary body of a human eye in ontogenesis: thesis... candidate of medical sciences]. Vladivostok, Vladivostokskii Gosudarstvennyi Meditsinskii Universitet Publ., 2005, 140 p. (in Russian).
13. Penegin N.I. Vliyanie yarkosti i razmera polya zreniya na diametr zrachka [Influence exerted by visual field brightness and size on pupil diameter]. *Trududy I konf. po fiziol. Optike* [Materials of the I Conference on physiological optics]. Moscow, Leningrad, 1936, 396 p. (in Russian).
14. Pershin B.S. Gidrodinamicheskii balans glaznogo yabloka pri intravitreal'nom vvedenii dopolnitel'nogo ob'ema zhidkosti (eksperimental'no-klinicheskoe issledovanie): dis. ... kand. med. nauk. [Eye ball hydrodynamic balance at intravitreal injection of additional fluid volume (experimental clinical research): thesis... candidate of medical sciences]. Moscow, 2012, 124 p. (in Russian).
15. Deinego V.N., Kaptsov V.A., Balashevich L.I., Svetlova O.V., Makarov F.N., Guseva M.G., Koshits I.N. Profilaktika glaznykh zabolevanii u detei i podrostkov v uchebnykh pomeshcheniyakh so svetodiodnymi istochnikami sveta pervogo pokoleniya [Prevention of ocular diseases in children and teenager in classrooms with led light sources of the first generation]. *Rossiiskaya detskaya oftalmologiya*, 2016, no. 2, pp. 57–72 (in Russian).
16. Reaktsiya zrachkov pri ustanovke glaz na blizkoe rasstoyanie [Pupils' reaction at setting eyes for a close distance]. *Sovremennaya oftalmologiya: informatsionnyi portal*. Available at: <http://zrenue.com/nejrooftalmologija/51-normalnye-reakcii-suzheniya-zrachka-pri-ustanovke-glaz-na-blizkoe-rasstojanie.html> (15.10.2016).
17. Svetlova O.V., Koshits I.N. Vzaimodeistvie osnovnykh putei ottoka vnutriglaznoi zhidkosti s mekhanizmom akkomodatsii: Uchebnoe posobie [Interaction between basic ways of intraocular fluid outflow and accommodation mechanism: tutorial]. Izdat. Dom Spb.MAPO, 2002, 50 p. (in Russian).
18. Svetlova O.V., Koshits I.N., Drozdova G.A. Vzaimodeistvie mekhanizmov ottoka vodyanistoi vlagi i akkomodatsii pri miopii i glaukome. Patologicheskaya fiziologiya glaza: monografiya [Interaction between mechanisms of aqueous humor outflow and accommodation at myopia and glaucoma. Eye physiopathology: monograph]. 2-e izd, ispr. i dop. St. Petersburg, SZGMU im. I.I. Mechnikova Publ., 2016, 160 p. (in Russian).
19. Fedorov S.N., Yartseva N.S., Ismankulov A.O. Refraktsiya i akkomodatsiya. Glaznye bolezni [Refraction and accommodation. Eye diseases]. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow, 2005, 440 p. (in Russian).
20. Khatsevich T.N. Meditsinskie opticheskie pribory: Fiziologicheskaya optika: uchebnoe posobie [Medical optical instruments: Physiological optics: tutorial]. Novosibirsk: SGGA Publ., 1998, part. 1, 98 p. (in Russian).
21. Tsiliarnoe telo [Ciliary body]. *Vse novosti oftalmologii: natsional'nyi oftalmologicheskii projekt*. Available at: <http://www.eyenews.ru/12/13/112> (15.10.2016).
22. Elektronno-opticheskii preobrazovatel' (EOP) [Electrooptical converter (EOC)]. Available at: <http://go-radio.ru/electronno-opticheskii-preobrazovatel.html> (10.10.2016).
23. Adhikari P., Zele A.J., Feigl B. Post-Illumination Pupil Response. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2015, vol.56, pp. 3838–3849. DOI:10.1167/iov.14-16233.
24. Mohan K., Harper M.M., Kecova H., Ye E.A., Lazic T., Sakaguchi D.S., Kardon R.H., Grozdanic S.D. Characterization of structure and function of the mouse retina using pattern electroretinography, pupil light reflex, and optical coherence tomography. *Vet Ophthalmol*, 2012, vol. 15, no. 2, pp. 94–104. DOI: 10.1111/j.1463-5224.2012.01034.
25. Chirre E., Prieto P.M., Artal P. Dynamics of the near response under natural viewing conditions with an open-view sensor. *Biomed. Opt. Express*, 2015, vol. 6, no.10, pp. 4200–4211. DOI: 10.1364/BOE.6.004200

26. Tsujimura Sei-ichi, Ukai K., Ohama D., Nuruki A., Yunokuchi K. Contribution of human melanopsin retinal ganglion cells to steady-state pupil responses. *Proc. R. Soc. B*, 2010, vol. 277, pp. 2485–2492. DOI:10.1098/rspb.2010.0330.
27. Doyle L., Saunders K.J., Little J.-A. Trying to see, failing to focus: near visual impairment in Down syndrome. *Scientific Reports*, 2016. DOI: 10.1038/srep20444. Available at: <http://www.nature.com/articles/srep20444> (15.10.2016).
28. Lee S., Ishibashi S., Shimomura Y., Katsuura T. Effect of simultaneous exposure to extremely short pulses of blue and green light on human pupillary constriction. *Journal of Physiological Anthropology*, 2016, vol.35, pp. 20. DOI: 10.1186/s40101-016-0109-3
29. Ensuring safety in LED lighting. *Electronics Weekly.com*, 2012. Available at: <http://www.electronicsweekly.com/news/products/led/ensuring-safety-in-led-lighting-2012-11> (02.10.2016).
30. Huang E.C., Barocas V.H. Accommodative microfluctuations and iris contour. *Journal of Vision*, 2006, vol.6, no. 5, pp. 653–660.
31. Marshall J. Understanding risks of phototoxicity on the eye. *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, 2014, no. 71. Available at: <http://www.pointsdevue.com/article/understanding-risks-phototoxicity-eye> (10.10.2016).
32. Maynard M.L., Zele A.J., Feigl B. Melanopsin-Mediated Post-Illumination Pupil Response in Early Age-Related Macular Degeneration. *Investigative Ophthalmology & Visual Science October*, 2015, vol.56, pp. 6906–6913. DOI:10.1167/iov.15-17357.
33. McDougal D.H., Gamlin P.D.R. Pupillary Control Pathways. *The Senses: A Comprehensive Reference*, 2008, vol. 1, pp. 521–536.
34. Gooley J.J., Mien I.H., Hilaire M.A.St., Yeo S.-C., Chua Chern-Pin E., van Reen E., Hanley C.J., Hull J.T., Czeisler C.A., Lockley S.W. Melanopsin and Rod–Cone Photoreceptors Play Different Roles in Mediating Pupillary Light Responses during Exposure to Continuous Light in Humans Меланопсин и Род-Cone Humans. *Journal of Neuroscience*, 2012, vol. 32, no. 41, pp. 14242–14253. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1321-12.2012.
35. Morgan I.G., Ohno-Matsui K., Saw S.M. Myopia. *Lancet*, 2012, vol.379, no. 9827, pp. 1739–1748.
36. Pan C.W., Cheng C.Y., Saw S.M., Wang J.J., Wong T.Y. Myopia and age-related cataract: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Ophthalmol*, 2013, vol. 156, no.5, pp. 1021–1033.
37. Navarro R., Santamaría J., Bescós J. Accommodation-dependent model of the human eye with aspherics. *Journal of the Optical Society of America A*, 1985, vol. 2, no. 8, pp. 1273–1280. DOI: 10.1364/JOSAA.2.001273.
38. Nissen C., Sander B., Lund-Andersen H. The Effect of Pupil Size on Stimulation of the Melanopsin Containing Retinal Ganglion Cells, as Evaluated by Monochromatic Pupillometry. *Frontiers in Neurology*, 2011, vol. 2, pp. 92. DOI: 10.3389/fneur.2011.00092
39. Plainis S. Accommodative response: Physiology and Behaviour. *10th Aegean Summer School in Visual Optics Hevsnisios Crete 02.10-04.10, 2011*. Available at: <http://publicana.ru/files/mechanizm-akkommodacii-glaza.pdf> (24.10.2016).
40. Plainis S., Ginis H.S., Pallikaris A. The effect of ocular aberrations on steady-state errors of accommodative response. *J. Vis.*, 2005, vol.5, no. 7, pp.466–477.
41. Jung S.K., Lee J.H., Kakizaki H., Jee D. Prevalence of Myopia and its Association with Body Stature and Educational Level in 19-Year-Old Male Conscripts in Seoul, South Korea. *Invest Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2012, vol. 53, no. 9, pp. 5579–5583. DOI: 10.1167/iov.12-10106.
42. Brainard G.C., Hanifin J.P., Warfield B., Stone M., James M., Ayers M., Kubey A., Byrne B., Rollag M. Short wavelength enrichment of polychromatic light enhances human melatonin suppression potency. *J. Pineal. Res.*, 2015, vol. 58, pp. 352–361.
43. Sliney D.H. Health and safety implications of new lighting technologies. *Light and Engineering*, 2010, vol. 18, no. 4, pp.20–22
44. Tarrant J., Roorda A., Wildsoet C.F. Determining the accommodative response from wavefront aberrations. *Journal of Vision*, 2010, vol. 10, no. 5, pp. 4.
45. Feigl B.L., Zele A.J., Fader S.M., Howes A.N., Hughes C.E., Jones K.A., Jones R. The post-illumination pupil response of melanopsin-expressing intrinsically photosensitive retinal ganglion cells in diabetes. *Acta Ophthalmol*, 2012, vol. 90, no. 3, pp. 230–234. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2011.02226.x.
46. Watson A.B., Yellott J.I. A unified formula for light-adapted pupil size. *Journal of Vision*, 2012, vol. 12, no. 12, pp. 1–16. DOI:10.1167/12.10.12.

Kaptsov V.A., Dainego V.N. Disorders in melanopsin effect of pupil constriction as a risk factor causing eye diseases. *Health Risk Analysis*, 2017, no. 1, pp. 132–148. DOI: 10.21668/health.risk/2017.1.15.eng

Получена: 02.02.2017

Принята: 10.03.2017

Опубликована: 30.03.2017