

Федеральная служба по надзору
в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека
(Роспотребнадзор)

Федеральное бюджетное учреждение
науки «Федеральный научный центр
медико-профилактических технологий
управления рисками здоровью населения»

Адрес редакции:

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

Редактор и корректор – М.Н. Афанасьева
Технический редактор – Е.Н. Несеоря
Переводчик – ООО «Линкс Динамикс»

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

Подписано в печать 20.03.2014.
Формат 90×60/8.
Усл. печ. л. 11,38.
Заказ № 196/2013.
Тираж 500 экз.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия

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)

Распространяется бесплатно

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Научно-практический журнал. Основан в 2012 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 – к.м.н. (г. Архангельск)

И.В. Бухтияров – д.м.н., проф. (г. Москва)

А.И. Верещагин – к.м.н. (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)

Н.Ф. Измеров – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

У.И. Кенесариев – д.м.н., проф., чл.-корр. АМН Казахстана
(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.Я. Поляков – к.м.н. (г. Новосибирск)

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)

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

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)

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

П.З. Шур – д.м.н. (г. Пермь)

1

Январь 2014 Март

СОДЕРЖАНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ
РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ
КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
РОСПОТРЕБНАДЗОРА

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА

*Н.В. Зайцева, П.З. Шур, М.А. Землянова,
Н.Г. Атискова, А.А. Хасанова, К.В. Романенко,
В.А. Фокин, Д.Л. Мазунина*
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ
ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ,
ОБОСНОВАННЫХ ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ, И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ
НА ПРИМЕРЕ МАРГАНЦА
В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

*И.В. Май, А.А. Кокоулина,
С.Ю. Загороднов, Е.В. Попова*
ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ НАСЕЛЕНИЯ
К МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ В ЗОНАХ
ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ
СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ
ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ
НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ РИСКА ЗДОРОВЬЮ
НАСЕЛЕНИЯ

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА

*А.Н. Ганькин, Т.Д. Гриценко, С.М. Соколов,
Т.Н. Пронина*
РИСК ЗДОРОВЬЮ УЧАЩИХСЯ, ФОРМИРУЕМЫЙ
ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ
УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

URGENT ASPECTS OF RISK ANALYSIS

4 *N.V. Zaitseva, I.V. May, P.Z. Shur, D.A. Kiryanov*
METHODOLOGICAL APPROACHES
FOR ASSESSEMENT PERFORMANCE
AND ECONOMICAL EFFICIENCY
OF THE RISK-ORIENTED CONTROL AND
SUPERVISION OF THE FEDERAL SERVICE
ON CUSTOMERS' RIGHTS PROTECTION
AND HUMAN WELL-BEING SURVEILLANCE
(ROSPOTREBNADZOR)

SCIENTIFIC AND METHODOICAL APPROACHES TO RISK ANALYSIS

14 *N.V. Zaitseva, P.Z. Shur, M.A. Zemlyanova,
N.G. Atiskova, A.A. Khasanova, K.V. Romanenko,
V.A. Fokin, D.L. Masunina*
METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE
DEVELOPMENT OF HYGIENIC STANDARDS
USING HEALTH RISK CRITERIA AND
THEIR APPLICATION IN THE CASE
OF AMBIENT AIR MANGANESE

21 *I.V. May, A.A. Kokoulina, S.Y. Zagorodnov,
E.V. Popova*
EXPOSURE ASSESSMENT FOR POPULATION
TO FINE PARTICLES IN THE INFLUENCE
ZONES OF EMISSIONS FROM INDUSTRIAL
STATIONARY EMISSION SOURCES

31 *D.A. Kiryanov, M.R. Kamaltdinov*
CALCULATION OF SUPPLEMENTARY
MORBIDITY AND MORTALITY THROUGH
EVOLUTIONARY MODELING OF PUBLIC
HEALTH RISK

RISK ASSESSMENT PRACTICE

40 *A.N. Gankin, T.D. Gritsenko, S.M. Sokolov,
T.N. Pronina*
HEALTH RISK OF PUPILS FORMED
BY CLASSROOMS' AIR POLLUTION

- Л.М. Тулина, Н.Е. Вяльцина, Т.М. Макарова, Е.Г. Плотникова, А.А. Неплохов, Г.В. Садчикова*
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ КОНТАМИНАНТОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ И ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ
- Л.М. Tulina, N.E. Vyaltina, T.M. Makarova, E.G. Plotnikova, A.A. Neplokhov, G.V. Sadchikova*
HYGIENIC ASSESSMENT OF THE CONTENTS CHEMICAL CONTAMINANTS IN FOOD AND THE RISK ASSESSMENT OF INFLUENCE OF FOOD PRODUCTS ON THE HEALTH OF THE POPULATION OF THE ORENBURG REGION
- Н.М. Цунина, Л.В. Аюпова*
ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ КОНТАМИНАНТАМИ (Г.О. САМАРА, Г.О.ТОЛЬЯТТИ)
- N.M. Tsunina, L.V. Ayupova*
POPULATION HEALTH RISK ASSESSMENT FROM CONTAMINATION OF FOOD PRODUCTS WITH CONTAMINANTS (C.D. SAMARA, C.D. TOGLIATTI)
- В.Р. Кучма, Е.И. Шубочкина, С.Г. Сафонкина, В.В. Молдованов, Е.М. Ибрагимова*
САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ И РИСКИ ЗДОРОВЬЮ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ
- V.R. Kuchma, E.I. Shubochkina, S.G. Safonkina, V.V. Molgavanov, E.M. Ibragimova*
SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SAFETY AND RISK TO HEALTH OF CHILDREN AND TEENAGERS DURING EDUCATION
- ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**
- EXPERIMENTAL MODEL AND MEASUREMENT STUDIES**
- М.А. Землянова, В.Н. Звездин, А.А. Довбыш, Т.И. Акафьева*
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ НАНО-И МИКРОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ
- M.A. Zemlyanova, V.N. Zvezdin, A.A. Dovbysh, T.I. Akafyeva*
COMPARISON OF TOXICITY OF AQUEOUS SUSPENSION OF NANO-AND MICROFINE SILICA IN SUBCHRONIC EXPERIMENT
- О.В. Долгих, Р.А. Предеина, Д.Г. Дианова*
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФЕНОЛОВ НА ИММУНОРЕГУЛЯЦИЮ EX VIVO
- O.V. Dolgikh, R.A. Predeina, D.G. Dianova*
EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF PHENOL INFLUENCE ON IMMUNOREGULATION EX VIVO
- УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ЗДОРОВЬЮ**
- HEALTH RISK MANAGEMENT**
- В.Б. Алексеев, Д.А. Кирьянов, М.Ю. Цинкер, М.Р. Камалтдинов, О.С. Новикова*
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРОЯТНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ГРАЖДАН РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРНЫХ УСЛОВИЙ ИСЧИСЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ
- V.B. Alekseyev, D.A. Kiryanov, M. Tsinker, M.R. Kamaltdinov, O.S. Novikova*
COMPARATIVE ANALYSIS OF EXPECTABLE CONSEQUENCES OF IMPACT ON THE HEALTH OF CITIZENS OF DIFFERENT SCENARIO CONDITIONS OF TIME COMPUTATION

УДК 614.3, 338.054.23

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОСПОТРЕБНАДЗОРА

Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов

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

Изложены методические подходы к расчету фактических и предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания. Метод основан на последовательном решении цепочки задач: установлении причинно-следственных связей показателей состояния здоровья от показателей качества среды обитания; определении количественных параметров управления качеством среды обитания деятельностью органов и учреждений Роспотребнадзора, расчете случаев нарушений здоровья, предотвращенных в результате деятельности службы и оценке их экономических эквивалентов. Апробация подходов на примере Российской Федерации позволила установить, что в результате деятельности органов и учреждений Роспотребнадзора в 2013 г. положительная динамика отмечалась по 51 показателю качества среды обитания, предотвращено порядка 160 тыс. случаев смертей и более 2 млн случаев заболеваний, которые состоялись бы в условиях отсутствия адекватных контрольно-надзорных мер в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Предотвращение потерь валового внутреннего продукта составило более 120 млрд руб., недопоступления налогов в федеральный бюджет порядка 25,7 млрд рублей. С учетом расходов федерального бюджета на деятельность Роспотребнадзора в 2013 г. в части обеспечения санэпидблагополучия в сумме 11,386 млрд руб. предотвращено потерь ВВП в размере 10,56 руб. на 1 руб. затрат федерального бюджета и предупреждено недополучение налогов в федеральный бюджет 2,28 руб. на 1 руб. затрат федерального бюджета.

Ключевые слова: санитарно-эпидемиологический надзор, риск-ориентированное управление, экономическая эффективность.

Указ Президента Российской Федерации № 797 от 15 мая 2008 г. «О неотложных мерах по ликвидации административных ограничений при осуществлении предпринимательской деятельности», а также принятые в его развитие Федеральные законы¹ внесли значительные изменения в сферу осуществления контрольно-надзорных полномочий органами государственной власти, в том числе Федеральной службы по надзору

© Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З., Кирьянов Д.А., 2014

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

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

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

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

¹ Федеральный закон № 294-ФЗ от 26 декабря 2008 г. «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»;

Федеральный закон № 8-ФЗ от 9 февраля 2009 г. «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления»;

Федеральный закон № 210-ФЗ от 27 июля 2010 г. «О лицензировании отдельных видов деятельности»;

Федеральный закон № 242-ФЗ от 18 июля 2011 г. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам осуществления государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

На основе базовых законодательных актов разработаны административные регламенты исполнения государственных и муниципальных функций, которые позволили систематизировать полномочия органов государственной власти и органов местного самоуправления, упорядочить их деятельность и повысить эффективность [1, 6, 8–10]. При этом методология анализа риска признана надежным и эффективным инструментом совершенствования деятельности надзорных структур [2–5, 11, 12].

С целью снижения административной нагрузки на субъекты хозяйственной деятельности при одновременном повышении эффективности функционирования органов Роспотребнадзора разработана риск-ориентированная модель надзорной деятельности, основанная на следующих принципах:

- использования методов оценки рисков здоровью на всех этапах организации контрольно-надзорной деятельности;
- классификации поднадзорных объектов в зависимости от степени угрозы и риска причинения вреда жизни и здоровью граждан;
- дифференцированного подхода к проведению контрольно-надзорных мероприятий с концентрацией усилий на объектах, формирующих недопустимый риск для здоровья;
- системности информационно-аналитического обеспечения задач по оценке и управлению рисками здоровью, в том числе в рамках социально-гигиенического мониторинга;
- учета показателей экономической эффективности контрольно-надзорных мероприятий и мер по управлению рисками здоровью;
- оптимизации контрольно-надзорной деятельности по системе критериев риска, вреда здоровью и экономических потерь.

В общем виде модель представляет собой систему взаимосвязанных структурно-функциональных элементов службы, использующих методологию анализа риска

для здоровья (оценки и управления рисками) на всех этапах сбора, обработки, анализа сведений об объектах управления. К последним относятся поднадзорные хозяйствующие субъекты и, опосредованно, среда обитания граждан страны и состояние их здоровья.

Контрольно-надзорная деятельность как инструмент управления основывается на:

- результатах оценки рисков для здоровья и их экономических эквивалентах;
- определении профилей риска для здоровья, которые формируются отдельными хозяйствующими субъектами;
- выборе адекватного рискам режима надзора (частоты, видов, объемов и содержания надзора).

В настоящее время риск-ориентированная модель поддержана актуальными нормативными и методическими документами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, разработанными органами и организациями Роспотребнадзора, Российской Академией медицинских наук, Минздравсоцразвития. Документы касаются оценки рисков здоровью при воздействии химических, биологических, физических факторов внешней среды. На текущий момент органами и организациями Роспотребнадзора используется более 50 документов по различным аспектам оценки и управления рисками.

Вместе с тем актуальным остается развитие методических подходов к оценкам экономических потерь, позволяющих оценить вред здоровью в результате нарушений санитарного законодательства и эффективность контрольно-надзорных мероприятий по их минимизации и профилактике [7].

Проблема определила основную **цель исследования**: разработку научного обоснования подходов к расчету фактических и предотвращенных в результате контрольно-надзорной деятельности экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания.

Материалы и методы. Предложенные методические подходы к решению поставленной задачи учитывают и развивают «Методологию расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации занятого населения страны»¹. Экономические потери от указанных нарушений здоровья населения определяются как:

- потери, связанные с недопроизводством валового внутреннего продукта (ВВП) из-за выбытия человека из трудовой деятельности по причинам, связанным с негативным воздействием факторов среды обитания;

- потери, связанные со снижением поступлений в федеральный бюджет РФ в результате недопроизводства ВВП из-за выбытия человека из трудовой деятельности.

В качестве исходной информации для выполнения расчетов используются данные государственного статистического учета Росстата и отраслевого статистического наблюдения Роспотребнадзора, а также результаты социально-гигиенического мониторинга.

Расчет случаев нарушений здоровья, ассоциированных с факторами среды обитания, и случаев, предотвращенных действиями Роспотребнадзора, выполняется на основе моделирования зависимостей между показателями качества среды обитания, здоровья населения и параметрами деятельности Роспотребнадзора.

Общий алгоритм расчетов предусматривает выполнение следующих этапов:

- установление причинно-следственных связей показателей состояния здоровья от показателей качества среды обитания;

- определение количественных параметров управления качеством среды обитания в результате деятельности органов и учреждений Роспотребнадзора;

- расчет количества случаев нарушений здоровья, предотвращенных в результате деятельности органов и организаций Роспотребнадзора;

- расчет экономических потерь от случаев смертности, инвалидизации и заболеваемости населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания и предотвращенных контрольно-надзорными действиями

При установлении зависимостей показателей здоровья населения от качества среды обитания как зависимые переменные выступают показатели заболеваемости, инвалидизации и смертности населения, как независимые – характеристики качества среды обитания, к примеру, доли проб объектов среды обитания, не соответствующих гигиеническим нормативам.

Единицами наблюдений могут являться: для уровня Российской Федерации – субъекты федерации; для уровней регионов – их административные образования и т.п. Для повышения адекватности моделей объем выборочных данных должен включать наблюдения не менее чем за три года.

Метод моделирования – пошаговый регрессионный анализ, модифицированный перебором линейной, квадратичной и экспоненциальной и иных функций для независимых переменных.

Общий вид модели зависимости показателей здоровья от показателей качества среды обитания представлен соотношением (1):

$$y = a_0 + a_1 f_1(\text{ФСО}_1) + a_2 f_2(\text{ФСО}_2) + \dots, \quad (1)$$

где y – зависимая переменная (смертность, инвалидность, заболеваемость населения, сл./100 000); $\text{ФСО}_1, (\text{ФСО}_2, \dots)$ – независимые переменные – факторы среды обитания; a_0 – свободный член модели, характеризующий предел управляемости показателя здоровья за счет изменения качества среды обитания; a_i – параметры модели, характеризующие влияние i -го показателя качества среды обитания на показатель здоровья; $f_i(\text{ФСО}_i)$ – функция от независимой переменной модели, для которой получен наибольший коэффициент детерминации.

Для выполнения расчетов дополнительных случаев нарушений здоровья используются только модели, соответствующие критериям достоверности и адекватности.

¹ Утверждена приказом от 10 апреля 2012 г. п 192/323н/45н/113 Министерства экономического развития Российской Федерации, Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Министерством финансов Российской Федерации и Федеральной службы государственной статистики.

ти. Относительное число дополнительных случаев нарушений здоровья (заболеваемость, инвалидизация, смертность) рассчитывается как разность оценок по модели при фактических уровнях независимых переменных и минимально наблюдаемых (целевых) (2):

$$\Delta y_k = a_1 f_1 ((\text{FCO}_{1k}) + a_2 f_2 ((\text{FCO}_{2k}) + \dots, \quad (2)$$

где Δy_k – нарушения здоровья населения (показатели смертности, инвалидности, заболеваемости), ассоциированные с факторами среды обитания в k -м наблюдении (регионе); FCO_{1k} , FCO_{2k} , ... – значения независимых переменных для k -го наблюдения (региона, территории).

Абсолютные показатели рассчитываются с учетом данных о численности населения.

Установление зависимости показателей качества среды обитания от контрольно-надзорных действий Роспотребнадзора выполняется на основе статистической информации о качестве среды обитания, используемой при оценке зависимостей «среда–здоровье», и параметрах деятельности органов и организаций Роспотребнадзора, собираемой в рамках ведомственного статистического наблюдения: форма 1–11 (в 2011 г.), форма 1–12 (в 2012 г.) «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора территориальными органами Роспотребнадзора». В качестве зависимых переменных выступают показатели состояния среды обитания, в качестве независимых – параметры надзорной деятельности. При этом характеристики надзорной деятельности переведены в относительные величины (например: «число внеплановых проверок хозяйствующих субъектов на 100 тыс. населения», «сумма наложенных штрафов на 100 проведенных проверок» и т.п.).

Моделирование выполняется методом пошаговой регрессии с выбором оптимальных функций для независимых переменных. При моделировании для зависимых переменных применяется временной лаг, равный одному году, позволяющий учесть причинность связи: влияние действий на качество объектов среды обитания.

Полученные модели содержат следующие характеристики:

- формула зависимости, содержащая значения всех коэффициентов;
- параметры достоверности;
- значения показателей, отражающих качество модели.

Общий вид модели зависимости показателей здоровья от показателей качества среды обитания представлен соотношением (3):

$$\text{FCO}_i = b_0 + b_1 f_1 (\text{Дв}_1) + b_2 f_2 (\text{Дв}_2) + \dots, \quad (3)$$

где FCO – зависимая переменная (показатель качества среды обитания); Дв_1 , Дв_2 , ... – независимые переменные (показатели контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора); b_0 – свободный член модели, характеризующий предел управляемости показателя качества среды обитания за счет деятельности Роспотребнадзора; b_j – параметры модели, характеризующие влияние j -го показателя деятельности на показатель качества среды обитания; $f_k (\text{Дв}_{zk})$ – функция от независимой переменной, при которой коэффициент детерминации максимален.

Для выполнения расчетов по определению влияния контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора на качество среды обитания используются только модели, соответствующие критериям достоверности и адекватности.

Предотвращенное в результате деятельности органов и организаций Роспотребнадзора число случаев смерти, инвалидности, заболеваемости определяется на основании результатов первых двух этапов моделирования (4).

$$\begin{aligned} \Delta y_k = & a_1 (f_1 (\text{FCO}_{1k} + \Delta \text{FCO}_1) - \\ & - f_1 (\text{FCO}_{1k})) + a_2 (f_2 (\text{FCO}_{2k} + \Delta \text{FCO}_2) - \\ & - f_2 (\text{FCO}_{2k})) + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Абсолютное число предотвращенных случаев нарушений здоровья (умерших, инвалидов, заболеваний) определяется по соотношениям (5):

$$\Delta Y_k = \Delta y_k \text{ЧН}_k / 100\,000, \quad (5)$$

где ΔY_k – абсолютное число случаев нарушений здоровья (смерти, инвалидности, заболеваний), предотвращенных действиями Роспотребнадзора, в k -м наблюдении (регионе, территории); ЧН_k – численность населения k -го региона (территории).

Оценка экономических потерь выполняется для случаев болезней и смертей населения, занятого в производстве ВВП. При этом доля занятого населения трудоспособного возраста, доля работающих пенсионеров и подростков принимается в соответствии с данными официальной статистики или научных отчетов, размещенных на официальных государственных сайтах.

Экономические потери от ассоциированной с негативным воздействием факторов среды обитания смертности населения, предотвращенные за отчетный год в целом по Российской Федерации в результате контрольно-надзорной деятельности, рассчитываются по следующей формуле (6):

$$\begin{aligned} \text{УВГС}_{x,s,d} = \\ = \text{ЧУ}_{x,s,d} \cdot \frac{\text{ЧЗ}_{x,s}}{\text{ЧН}_{x,s}} \cdot \frac{\text{ЧЗ}_{x,s}}{\text{ЧН}_{x,s}} \cdot \frac{\text{ВВП}}{\text{ЧЗ}} \cdot 0,5 \cdot K_x, \quad (6) \end{aligned}$$

где $\text{УВГС}_{x,s,d}$ – предотвращенные потери в производстве ВВП (объем недопроизведенного ВВП) в результате сокращения ассоциированной с факторами среды обитания смертности лиц в возрасте (x), пола (s), по причине смерти (d) в отчетном году, млн руб.;

$\text{ЧУ}_{x,s,d}$ – число предотвращенных смертей лиц в возрасте (x), пола (s), по причине, ассоциированной с факторами среды обитания смерти (d), чел.; ЧЗ – общая численность занятых в отчетном году, чел.;

$\text{ЧЗ}_{x,s}$ – численность занятых в возрасте (x), пола (s), чел.;

$\text{ЧН}_{x,s}$ – численность населения в возрасте (x), пола (s), чел.;

ВВП – валовой внутренний продукт Российской Федерации, млн руб.;

K_x – поправочный коэффициент для учета сокращенного рабочего времени и

увеличенной продолжительности отпуска лиц возраста (x) младше 18 лет (для $x = 15$ $K_x = 0,5922$, для $x = 16$ $K_x = 0,8636$, для $x = 17$ $K_x = 0,8636$, для $x > 17$ $K_x = 1$); 0,5 – коэффициент, учитывающий распределение времени смертей в течение года.

Предотвращенные действиями Роспотребнадзора экономические потери от ассоциированной с негативным воздействием факторов среды обитания инвалидизации населения за отчетный год в целом по Российской Федерации рассчитываются по формуле (7):

$$\begin{aligned} \text{УВИ}_{x,s,g} = \frac{\text{ВВП}}{\text{ЧЗ}} \cdot \\ \cdot \left[\text{ЧИ}_{x,s,g} \cdot \frac{\text{ЧЗ}_{x,s}}{\text{ЧН}_{x,s}} - \frac{\text{ЧЗИ}_g}{\text{ЧИ}_g} \cdot \text{ЧИ}_{x,s,g} \cdot K_g \right], \quad (7) \end{aligned}$$

где $\text{УВИ}_{x,s,g}$ – упущенная выгода в производстве ВВП (объем недопроизведенного ВВП) в результате от ассоциированной с факторами среды обитания инвалидности лиц в возрасте (x), пола (s), группы инвалидности (g) в Российской Федерации, млн руб.;

$\text{ЧИ}_{x,s,g}$ – численность инвалидов в возрасте (x), пола (s), группы инвалидности (g) в Российской Федерации, чел.;

ЧИ_g – численность инвалидов группы инвалидности (g) в Российской Федерации, чел.;

ЧЗИ_g – численность инвалидов, занятых в экономике, группы инвалидности (g) в Российской Федерации, чел.;

K_g – поправочный коэффициент для учета сокращенного рабочего времени и увеличенной продолжительности отпуска инвалидов (для $g < 3$ $K_g = 0,8674$, для $g = 3$ $K_g = 0,991$).

Экономические потери от заболеваемости населения рассчитываются по формуле:

$$\begin{aligned} \text{УВЗ}_{x,s,m} = \\ = \text{Заб}_{x,s,m} \cdot \frac{\text{Дл}_{x,s,m}}{\text{СВН}_{x,s,m}} \cdot \frac{\text{ЧЗ}_{x,s}}{\text{ЧН}_{x,s}} \cdot \frac{\text{ВВП}}{365 \cdot \text{ЧЗ}}, \quad (8) \end{aligned}$$

где $\text{УВЗ}_{x,s,m}$ – предотвращенные потери в производстве ВВП (объем недопроизведенного

ВВП) вследствие сокращения ассоциированной с факторами среды обитания заболеваемости лиц в возрасте (x), пола (s) по причине нетрудоспособности (m) в Российской Федерации, млн руб.;

$\text{Заб}_{x,s,m}$ – число заболеваний лиц в возрасте (x), пола (s) по причинам (m), ассоциированных с факторами среды обитания, случаи;

$\text{Дл}_{x,s,m}$ – число дней временной нетрудоспособности лица в возрасте (x), пола (s) по причине заболевания (m), дней;

$\text{СВН}_{x,s,m}$ – число дней случаев временной нетрудоспособности для лиц пола (s) по причине нетрудоспособности (m) в Российской Федерации в отчетном году.

Результаты и их обсуждение. Использование методики на базе данных государственной статистики и системы социально-гигиенического мониторинга позволило установить, что в целом для Российской Федерации пылегазовые выбросы, сбросы сточных вод, накопленные отходы, шумовое, электромагнитное воздействие объектов промышленности, транспорта, сбора и утилизации отходов и т.п. явились причиной повышенных, в том числе недопустимых рисков для здоровья населения. Эти риски реализовались в 2013 г. в виде 52 тыс. смертей и 6,0 млн случаев нетрудоспособности занятого населения. Экономические потери, связанные с недопроизводством валового внутреннего продукта вследствие ассоциированных с негативным воздействием факторов внешней среды смертности, заболеваемости и инвалидизации занятого

населения, в целом за 2013 г. составили около 200 млрд руб. С учетом потерь, обусловленных рядом социально-экономических факторов, наблюдение за которыми ведется в рамках социально-гигиенического мониторинга, экономические потери в 2013 г. составили более 450 млрд руб.

Структура экономических потерь ВВП по признаку ущербообразующего фактора приведена на рисунке.

Федеральный бюджет недополучил в 2013 г. более 19 млрд руб. налоговых поступлений.

Контрольно-надзорная деятельность службы постоянно сдерживает формирование дополнительных случаев смерти и заболеваний населения, а также экономические потери государства, которые неизбежно бы состоялись при снижении интенсивности и адресности управляющих действий.

Установлено, что в целом по Российской Федерации наиболее результативными явились: обследования, при которых были выявлены нарушения санитарного законодательства, внеплановые проверки, проверки, при которых применялись лабораторные и инструментальные методы исследования, вынесение постановлений о назначении административного наказания и ряд других.

Оценка динамики и прогноз результативности надзора и контроля за исполнением обязательных требований законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения по критерию изменения удельного веса нарушений

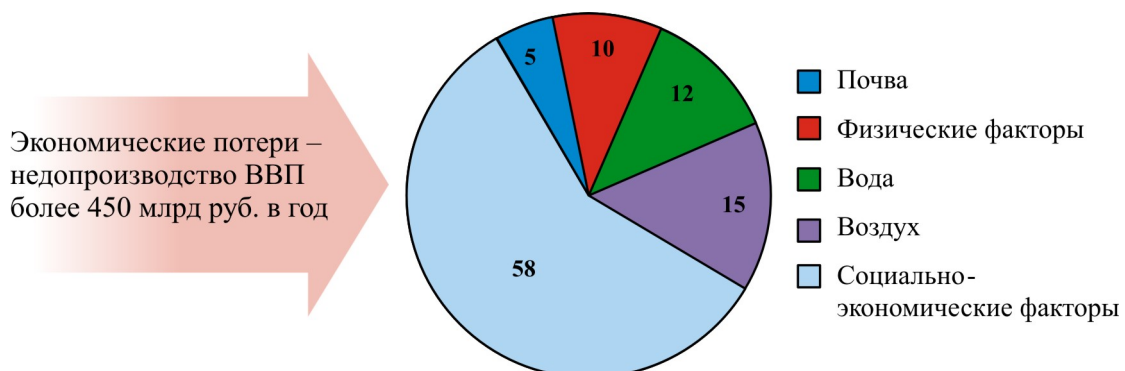


Рис. Структура (%) экономических потерь ВВП от смертности и заболеваемости населения, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания

обязательных требований санитарного законодательства, регламентирующих состояние субъектов надзора и качество среды обитания, вследствие деятельности органов и учреждений Роспотребнадзора позволила установить, что положительная динамика отмечалась по 51 показателю качества среды обитания и состояния субъектов надзора. Ряд примеров приведен в табл. 1.

Снижение нарушений санитарного законодательства и предотвращение ненормативного состояния среды обитания имело следствием предотвращение смертности населения по причине болезней системы кровообращения, органов дыхания и новообразований – более 160 тыс. случаев смертей и порядка 3,2 млн случаев заболеваний, которые состоялись бы

в условиях отсутствия адекватных контрольно-надзорных мер в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

В структуре этих нарушений здоровья порядка 115,6 тыс. случаев смертей и 2,1 млн случаев нетрудоспособности занятого населения по причине заболевания и уходу за больным (табл. 2).

В целом предотвращение потерь валового внутреннего продукта составило более 120 млрд руб. Предотвращено недопоступление налогов в федеральный бюджет порядка 25,7 млрд рублей.

В 2013 г. в условиях расходов федерального бюджета на деятельность Роспотребнадзора в части обеспечения санэпид-благополучия в сумме 11,386 млрд руб.

Таблица 1

Оценка динамики и прогноз результативности надзора и контроля за исполнением обязательных требований санитарного законодательства

Показатель качества среды обитания и состояния субъектов надзора	Удельный вес нарушений обязательных требований санитарного законодательства, предотвращенных в результате деятельности органов и учреждений Роспотребнадзора (%)		
	2012 г.	2013 г.	2014 г. (прогноз)
Доля источников и водопроводов питьевого центрального водоснабжения, не отвечающих санитарным нормам и правилам	–7,65	–7,87	–8,13
Доля источников и водопроводов питьевого центрального водоснабжения, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям	–2,86	–3,14	–3,14
Доля источников и водопроводов питьевого центрального водоснабжения, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям	–1,66	–1,74	–1,58
Доля проб атмосферного воздуха с превышением ПДК по содержанию	–0,29	–0,32	–0,35
Исследовано проб питьевой воды, превышающих нормативы ПДК по содержанию хлора и его производных	–10,35	–13,16	–16,17
Доля исследованных проб почв в селитебной зоне, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям:	–10,038	–10,91	–10,13
Доля коммунальных объектов, обследованных лабораторно, не соответствующих санитарным нормам по микроклимату	–1,63	–1,79	–1,88
Доля коммунальных объектов, обследованных лабораторно, не соответствующих санитарным нормам по освещенности	–0,06	–0,08	–0,04
Доля источников и водопроводов питьевого центрального водоснабжения, не отвечающих санитарным нормам и правилам	–7,65	–7,87	–8,13

Таблица 2

Предотвращенные действиями Роспотребнадзора медико-демографические и экономические потери от смертности и заболеваемости занятого населения, ассоциированных с негативным воздействием санитарно-гигиенических факторов среды обитания

Причина потерь	Предотвращенные медико-демографические потери среди занятого населения		Предотвращенные экономические потери ВВП, млн руб.
	Случаи смерти, тыс.	Случаи нетрудоспособности, тыс.	
Болезни системы кровообращения	55,834	878,27	54 864,93
Болезни органов дыхания	13,814	477,58	22 449,98
Болезни органов пищеварения	20,991	208,11	16 463,78
Злокачественных новообразований	18,255	64,49	10 345,40
Болезни глаза и его придаточного аппарата	–	245,028	8 363,91
Болезни эндокринной системы	–	102,129	3 482,60
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	–	82,65	2 818,37
Инфекционные и паразитарные болезни	4,467	10,92	2 365,77
Болезни нервной системы	–	36,13	1 232,03
Внешние причины	2,231	5,39	1 179,38
ИТОГО	115,592	2110,945	123 566,15

предотвращено потерь ВВП в размере 10,56 руб. на 1 руб. затрат федерального бюджета, а также предотвращено недополучение налогов в федеральный бюджет 2,28 руб. на 1 руб. затрат федерального бюджета.

Таким образом, предложенные методические подходы позволили обеспечить поддержку риск-ориентированной модели организации надзорной деятельности экономическим инструментом с возможностью:

- оценки медико-демографических и экономических потерь, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания на здоровье населения;
- выявления приоритетных факторов риска, контингентов риска и приоритетных видов нарушений здоровья, детерминирующих экономические потери;

– оценки параметров управления качества среды обитания действиями органов и учреждений Роспотребнадзора;

– расчета вклада службы в улучшение среды обитания и сохранение здоровья населения;

– оценки предотвращенных в результате контрольно-надзорных мероприятий экономических потерь, связанных с недопроизводством ВВП и недопоступлением налогов в бюджеты всех уровней, включая федеральный бюджет;

– выделения наиболее эффективных надзорных мероприятий;

– формирования информационно-аналитической базы для обоснования совершенствования надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Список литературы

1. Бабенко А.И., Пушкарев О.В. Комплексная оценка эффективности здравоохранения: методологический подход и критерии // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2007. – № 6 – С. 3–5.
2. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. – М.: Альпина Паблш., 2011. – 400 с.
3. Друкер П. Менеджмент. Вызовы XXI века. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – С. 256.
4. Квасов И.А. Новый объектно-ориентированный подход к принятию решений // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2013. – Т. 170. – С. 293–310.

5. Колесов К.И., Антонов А.С. Методические аспекты управления рисками на основе внедрения системы внутреннего контроля // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 3 (100) . – С. 272–278.
6. Концепция повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления на 2014–2018 годы: проект. – URL: [ar.gov.ru/.../450_koncepciya_revised_as_of_8_26_2013_\(2\).doc-d](http://ar.gov.ru/.../450_koncepciya_revised_as_of_8_26_2013_(2).doc-d) (дата обращения: 01.02.2014).
7. Методические подходы к определению вклада органов и организаций Роспотребнадзора в управление риском здоровью населения / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Е.В. Бабушкина, А.Л. Гусев // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – № 11. – С. 11–13.
8. Онищенко Г.Г., Симкалова Л.М., Тебиев С.А. О мерах по реализации Федерального закона «о защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 6. – С. 5–8.
9. Пушкарев О.В. Критерии и количественная оценка эффективности управления здравоохранением // Общественное здоровье и здравоохранение. – 2008. – № 2. – С. 23–27.
10. Селянинов А.В., Фролова Н.В. Практическое применение принципов эффективности и устойчивости в управлении национальной и региональными инновационными системами // *Ars Administrandi*. – 2012. – № 4. – С. 81–93.
11. Ферапонтов А.В. Принципы организации риск-ориентированного надзора за опасными производственными объектами // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 6. – С. 4–7.
12. 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. – Т. 13, № 4. – С. 693–700.

References

1. Babenko A.I., Pushkarev O.V. Kompleksnaya otsenka effektivnosti zdravookhraneniya: metodologicheskii podkhod i kriterii [Comprehensive assessment of the effectiveness of healthcare: methodological approach and criteria]. *Problemy sotsial'noy gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, 2007, no. 6, pp. 3–5.
2. Deming E. Vykход iz krizisa. Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, sistemami i protsessami [Crisis recovery. The new paradigm of managing people, systems and processes]. Moscow: Al'pina Publish, 2011. 400 p.
3. Druker P. Menedzhment. Vyzovy XXI veka [Management. Challenges of the XXI century]. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber, 2012. p. 256.
4. Kvasov I.A. Novyy ob'ektno-orientirovannyi podkhod k prinyatiyu resheniy [New object-oriented approach to decision-making]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*, 2013, vol. 170, pp. 293–310.
5. Kolesov K.I., Antonov A.S. Metodicheskie aspekty upravleniya riskami na osnove vnedreniya sistemy vnutrennego kontrolya [Methodological aspects of risk management based on the introduction of internal control system]. *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva*, 2013, no. 3 (100), pp. 272–278.
6. Kontseptsiya povysheniya effektivnosti kontrol'no-nadzornoй deyatelnosti organov gosudarstvennoy vlasti i organov mestnogo samoupravleniya na 2014–2018 gody. Proekt [The concept of improving the effectiveness of control and supervision of activities of state authorities and local governments for the years 2014–2018. Project]. Available at: [ar.gov.ru/.../450_koncepciya_revised_as_of_8_26_2013_\(2\).doc-d](http://ar.gov.ru/.../450_koncepciya_revised_as_of_8_26_2013_(2).doc-d).
7. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Babushkina E.V., Gusev A.L. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu vklada organov i organizatsiy Rospotrebnadzora v upravlenie riskom zdorov'yu naseleniya [Methodological approaches to determining the contribution of agencies and organizations of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance in public health risk management]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2010, no. 11, pp. 11–13.
8. Onishchenko G.G., Simkalova L.M., Tebiev S.A. O merakh po realizatsii Federal'nogo zakona «o zashchite prav yuridicheskikh lits i individual'nykh predprinimateley pri osushchestvlenii gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) i munitsipal'nogo kontrolya» [On the measures for implementation of the Federal Law “On the protection of the rights of legal entities and individual entrepreneurs in the implementation of state control (supervision) and municipal control”]. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*, 2013, no. 6, pp. 5–8.
9. Pushkarev O.V. Kriterii i kolichestvennaya otsenka effektivnosti upravleniya zdravookhraneniem [Criteria and quantitative evaluation of the effectiveness of healthcare management] *.Obshchestvennoe zdorov'e i zdravookhranenie*, 2008, no. 2, pp. 23–27.
10. Selyaninov A.V., Frolova N.V. Prakticheskoe primeneniye printsipov effektivnosti i ustoychivosti v upravlenii natsional'noy i regional'nymi innovatsionnymi sistemami [Practical application of the principles of efficiency and sustainability in the management of national and regional innovation systems]. *Ars Administrandi*, 2012, no. 4, pp. 81–93.
11. Ferapontov A.V. Printsipy organizatsii risk-orientirovannogo nadzora za opasnymi proizvodstvennymi ob'ektami [Principles of organization of the risk-based supervision of dangerous industrial objects]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2010, no. 6, pp. 4–7.
12. Leeves G.D., Herbert R.D. economic and environmental impacts of pollution control in a system of environment and economic interdependence [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.

METHODOLOGICAL APPROACHES FOR ASSESSEMENT PERFORMANCE AND ECONOMICAL EFFICIENCY OF THE RISK-ORIENTED CONTROL AND SUPERVISION OF THE FEDERAL SERVICE ON CUSTOMERS' RIGHTS PROTECTION AND HUMAN WELL-BEING SURVEILLANCE (ROSPOTREBNADZOR)

N.V. Zaitseva, I.V. May, P.Z. Shur, D.A. Kiryanov

FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies",
82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Perm, Russia

The methodical approaches to the calculation of actual and avoided as a result of control and supervision economic losses from mortality, morbidity and disability in the population associated with the adverse effects of environmental factors are stated. The method is based on the sequential decision of the chain of problems: establishing causality of health status indicators from habitat quality indicators, quantifying habitat quality control activities of the institutions and the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance (Rospotrebnadzor), calculating episodes of health violations averted as a result of the Service's activity and assessing their economic equivalents. Testing of approaches on the example of the Russian Federation has allowed to establish that as a result of the activities of bodies and institutions of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance in 2013 a positive trend was observed on 51 indicators of habitat quality, about 160 thousand deaths and more than 2 million cases of diseases were prevented which would be held in the absence of adequate supervision measures in the field of sanitary and epidemiological welfare of the population. Preventing loss of gross domestic product (GDP) by more than 120 billion rubles, tax shortfalls to the federal budget of about 25.7 billion rubles. Taking into account the federal budget expenditures on the activities of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance in 2013 in terms of sanitary and epidemiological welfare in the amount of 11.386 billion rubles the loss in GDP of 10.56 rubles per 1 ruble of the federal budget expenditures was prevented, the tax shortfall to the federal budget in the amount of 2.28 rubles per 1 ruble of the federal budget expenditures was avoided.

Keywords: sanitary and epidemiological surveillance, risk-oriented management, economical efficiency.

© Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Kiryanov D.A., 2014

Zaitseva Nina Vladimirovna – Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Professor, Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-25-34).

May Irina Vladislavovna – DBS, Professor, Deputy Director for Science (e-mail: may@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-25-47).

Shur Pavel Zalmanovich – MD, Scientific Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

Kiryanov Dmitry Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА

УДК 614.7

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ, ОБОСНОВАННЫХ ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ, И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ СОДЕРЖАНИЯ МАРГАНЦА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

**Н.В. Зайцева¹, П.З. Шур¹, М.А. Землянова¹, Н.Г. Атискова¹,
А.А. Хасанова², К.В. Романенко², В.А. Фокин², Д.Л. Мазунина²**

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

² ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Представлены результаты разработки гигиенического норматива содержания марганца в атмосферном воздухе с использованием гармонизированных с международными подходами процедурами оценки риска. По результатам моделирования эволюции риска в качестве среднегодового норматива содержания марганца в атмосферном воздухе по критериям риска для здоровья предложена величина 0,00005 мг/м³, а критических эффектов – аллергические реакции.

Ключевые слова: оценка риска здоровью, эволюционное моделирование, марганец, реперный уровень.

Вступление Российской Федерации во Всемирную торговую организацию, участие в Таможенном союзе в рамках Евразийского экономического сообщества делает вопросы сближения санитарного законодательства, в частности, гармонизации санитарно-гигиенических нормативов качества окружающей среды с меж-

дународными стандартами, одними из наиболее приоритетных.

На сегодняшний день оценка риска является ключевым элементом в установлении стандартов, касающихся безопасности объектов среды обитания, и должна проводиться с применением структурированного подхода, включающего идентифи-

© Зайцева Н.В., Шур П.З., Землянова М.А., Атискова Н.Г., Хасанова А.А., Романенко К.В., Фокин В.А., Мазунина Д.Л., 2014

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

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

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

Атискова Нина Георгиевна – ведущий специалист по оценке риска отдела анализа риска для здоровья (e-mail: atiskova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

Хасанова Анна Алексеевна – специалист по оценке риска отдела анализа риска для здоровья (e-mail: sharaeva@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

Романенко Кристина Владимировна – специалист по оценке риска отдела анализа риска для здоровья (e-mail: romanenko@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

Фокин Владимир Андреевич – специалист по оценке риска отдела анализа риска для здоровья (e-mail: fokin@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

Мазунина Дарья Леонидовна – лаборант-исследователь отдела биохимических и цитогенетических методов диагностики (e-mail: mix.darja@yandex.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30).

кацию опасности, оценку экспозиции, зависимости «доза–ответ», а также характеристику риска [6, 8, 13].

В соответствии, например, с Canadian Environmental Quality Guidance, Canadian Council of Ministers of the Environment [8], разработка стандартов качества атмосферного воздуха по критериям оценки риска проводится с учетом следующих принципов: использование стандартов содержания поллютантов в атмосферном воздухе не должно создавать риск для здоровья населения; разработка стандартов должна проводиться для реального сценария воздействия; критический эффект со стороны здоровья должен устанавливаться с учетом наиболее чувствительной группы населения; разработанные стандарты должны быть обоснованными и реальными для выполнения.

На территории Российской Федерации в качестве гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе используются максимально разовые и среднесуточные предельно допустимые концентрации, которые не в полной мере отражают ингаляционное воздействие химических веществ в течение всей жизни и не могут быть использованы в рамках оценки риска здоровью, где необходимо применение величин, учитывающих безопасность пожизненного воздействия. Соответствующие стандарты для Российской Федерации, использование которых возможно при проведении оценки риска, могут быть получены в результате установления risk-based нормативов, имеющих среднегодовое осреднение.

В соответствии с международно признанной методологией оценки риска здоровью на этапе идентификации опасности по системе критериев проводится выбор приоритетного поллютанта, для которого будет осуществляться установление risk-based норматива содержания в атмосферном воздухе. Разработанные критерии определения приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха при хроническом ингаляционном воздействии включают наличие различий в значениях стандартов,

используемых в Российской Федерации и за рубежом; данные о токсичности и опасности химических соединений, в том числе о канцерогенном потенциале; присутствие в международных и национальных списках приоритетных загрязнителей; данные о распространенности в объектах среды обитания [7].

На этапе оценки экспозиции проводится количественное установление поступления агента с атмосферным воздухом в организм в реальных условиях воздействия [6, 13].

Следующий этап процедуры оценки риска – оценка зависимости «экспозиция–ответ» – подразумевает доказательное установление связи между экспозицией исследуемым химическим соединением и риском нарушений функций органов и систем организма с учетом степени их выраженности [6, 13].

В процессе оценки неканцерогенного риска здоровью при воздействии химических веществ могут применяться парные математические модели, приведенные в методических руководствах и рекомендациях ведущих международных организаций (WHO, OECD и др.) или содержащиеся в опубликованных научных исследованиях (EPA, ATSDR и др.). При отсутствии моделей «экспозиция–ответ» могут использоваться результаты специальных эпидемиологических исследований.

При моделировании зависимостей «экспозиция–ответ» в рамках оценки неканцерогенного риска закладывается принцип пороговости действия, согласно которому негативные эффекты или ответы со стороны здоровья проявляются, начиная с реперного уровня.

В ходе исследования рассматривается ряд гипотез о наличии связи между экспозициями разного уровня и развитием нарушений со стороны здоровья, при этом группа населения, находящаяся под уровнями воздействия ниже исследуемого, рассматривается в качестве контрольной, выше исследуемого – опытной. Для каждой гипотезы проверяется наличие связи по критерию отношения шансов, по значению

которого строятся математические модели зависимости «концентрация химического вещества в атмосферном воздухе–отношение шансов». В качестве реперного уровня содержания поллютанта в атмосферном воздухе принималась величина, соответствующая верхней 95%-ной доверительной границе полученной модели.

Кроме того, для целей оценки зависимости «экспозиция–ответ» могут использоваться множественные эволюционные модели, отражающие влияние комплекса химических веществ на риск развития различных нарушений здоровья в зависимости от возраста и длительности воздействия и учитывающие процессы накопления функциональных нарушений в организме за счет естественных причин.

Установление значения risk-based норматива содержания химического агента в атмосферном воздухе проводится с использованием реперного уровня и величины фактора неопределенности (*UF*).

Величина фактора неопределенности устанавливается с учетом возможного влияния на достоверность оценки ряда факторов. При выборе значений компонентов фактора неопределенности рекомендуется учитывать: внутривидовую экстраполяцию; распространение данных, полученных в условиях относительно непродолжительного воздействия, на более длительные экспозиции; влияние на развивающийся организм; экстраполяцию с одного пути поступления на другой, переход от минимальной к полной базе данных и др. [5, 13].

На этапе характеристики риска проводится оценка приемлемости риска для здоровья в условиях использования установленных нормативов качества атмосферного воздуха.

В рамках разработки risk-based нормативов качества атмосферного воздуха в Российской Федерации на основе гармонизированной с международными подходами процедуры оценки риска на этапе идентификации опасности на базе указанных выше критериев выбора веществ марганец был включен в список приоритетных для

установления risk-based нормативов химических веществ в атмосферном воздухе.

Выбор марганца в качестве объекта для разработки risk-based норматива объясняется наличием значительных отличий в показателях нормирования содержания марганца в атмосферном воздухе при хроническом воздействии в Российской Федерации и за рубежом.

Анализ существующих гигиенических нормативов содержания марганца в атмосферном воздухе, принятых в России и за рубежом, показал различия как в методологии их установления, так и в значениях данных показателей, например, Агентством по регистрации токсичных веществ и заболеваний (ATSDR) рекомендуется величина MRL (Minimal Risk Level – минимальный уровень риска) для марганца – $0,00004 \text{ мг/м}^3$ [14]; в соответствии с данными ВОЗ (1999) [9], рекомендуемый уровень содержания марганца в атмосферном воздухе составляет $0,00015 \text{ мг/м}^3$; кроме того, группой авторов M. Egyed, G.C. Wood (1996) [11] в качестве нормативного уровня содержания марганца в атмосферном воздухе предложена величина $0,0001 \text{ мг/м}^3$; Агентством по защите окружающей среды США (US EPA) разработана величина рекомендуемого уровня содержания для марганца и его соединений, равная $0,00005 \text{ мг/м}^3$ [10]; в качестве REL (Reference Exposure Level – референтный уровень воздействия) марганца Департаментом оценки экологической опасности для здоровья (ОЕННА – The Office of Environmental Health Hazard Assessment) принята величина $0,0002 \text{ мг/м}^3$. В соответствии с ГН 2.1.6.1338–03 [1] значение ПДК_{сс}, установленное для резорбтивных эффектов, марганца и его соединений в РФ, составляет $0,001 \text{ мг/м}^3$.

Кроме того, марганец включен в международный (ATSDR) список приоритетных загрязнителей и программу отбора проб в рамках системы социально-гигиенического мониторинга ряда субъектов Российской Федерации.

Для оценки экспозиции применялись расчетные данные о загрязнении атмосфер-

ного воздуха промышленно развитого города в местах проживания каждого ребенка, аппроксимированные по результатам инструментальных исследований [2]. Диапазон концентраций марганца в атмосферном воздухе территории проживания исследуемой группы населения составил от 0,000014 до 0,00022 мг/м³.

Установление реперных уровней содержания марганца в атмосферном воздухе проводилось по результатам поперечного эпидемиологического исследования, в котором участвовало 382 ребенка в возрасте от 3 до 7 лет, проживающих в промышленно развитом городе. Состояние здоровья данной группы оценивалось с использованием многолетних сведений об обращаемости за медицинской помощью.

В качестве ответов в ходе моделирования зависимости «концентрация марганца в атмосферном воздухе–отношение шансов» рассматривались нозологические формы – представители трех классов болезней по МКБ-10 (V – психические расстройства и расстройства поведения; VI – болезни нервной системы; X – болезни органов дыхания), соответствующие критическим органам и системам для условий хронической ингаляционной экспозиции марганца [6], кроме того, так как марганец является доказанным аллергеном, в ходе моделирования зависимости «концентрация марганца в атмосферном воздухе–отношение шансов» учитывались соответствующие эффекты со стороны здоровья, в том числе и донозологические [12, 14].

В ходе математического моделирования было разработано и оценено 29 моделей зависимости «концентрация марганца в атмосферном воздухе–отношение шансов». Наиболее адекватными для задач исследования выбраны модели и значения реперных уровней для расстройств сна (G 47) – 0,00009 мг/м³; атопического дерматита (L 28.0) – 0,00008 мг/м³; повышения абсолютного числа эозинофилов – 0,0002 мг/м³, повышения уровня IgE общего – 0,00004 мг/м³.

По критерию лимитирующего показателя в качестве реперного уровня марганца

в атмосферном воздухе может быть рассмотрена величина 0,00004 мг/м³.

Однако неопределенности, связанные с присутствием в атмосферном воздухе исследуемой территории ряда загрязняющих веществ, обладающих однонаправленным с марганцем действием, оказывают существенное влияние на достоверность результатов эпидемиологических исследований, используемых при установлении реперных уровней.

С целью минимизации неопределенностей в ходе установления величины risk-based стандарта содержания марганца в атмосферном воздухе проводилось моделирование эволюции риска, считающееся одним из наиболее адекватных методов для решения задач прогнозирования и оценки вероятного воздействия факторов среды обитания на здоровье населения [3].

В рамках данного исследования моделирование эволюции риска здоровью осуществлялось с использованием линейной беспороговой модели, вычислением коэффициента, отражающего силу влияния фактора на скорость накопления риска, и установлением концентрации марганца в атмосферном воздухе, соответствующей величине приведенного риска менее 0,05, оцениваемого как пренебрежимо малый (приемлемый, допустимый), не отличающийся от обычных, повседневных рисков [4].

По результатам математического моделирования эволюции риска для атопического дерматита как специфичного ответа для марганца в условиях хронического ингаляционного воздействия концентрация, при которой риск здоровью населения характеризуется как пренебрежимо малый, составила 0,00005 мг/м³. Уровень 0,00005 мг/м³ для марганца в атмосферном воздухе может быть рассмотрен в качестве недействующего и использоваться для последующего установления risk-based норматива качества атмосферного воздуха.

Расчет окончательной величины risk-based-норматива качества атмосферного воздуха для марганца проводился с использованием установленной по результатам

эволюционного моделирования недействующей концентрации и суммарного коэффициента неопределенности [5].

Для данного исследования рассматривались следующие факторы неопределенности:

- фактор неопределенности, учитывающий межвидовую экстраполяцию – 1, поскольку использовалась недействующая концентрация, полученная по результатам эпидемиологического исследования;

- фактор неопределенности, учитывающий внутривидовую экстраполяцию – 1, поскольку рассматривалось воздействие на чувствительную группу (дети в возрасте 3–7 лет);

- фактор неопределенности, связанный с переносом результатов исследования с высоких уровней экспозиции на низкие – 1, поскольку исследование проводилось в условиях реальной экспозиции.

В результате величина норматива качества атмосферного воздуха, установленная

на базе оценки риска здоровью, для марганца составляет 0,00005 мг/м³; критический эффект для марганца – аллергические реакции. Полученные результаты адекватны данным US EPA.

Таким образом, основным направлением гармонизации санитарно-гигиенических нормативов качества окружающей среды Российской Федерации с международными стандартами является разработка risk-based нормативов, учитывающих среднегодовой период осреднения, с использованием эпидемиологических методов исследования. Разработанные подходы были апробированы на примере установления risk-based норматива содержания марганца в атмосферном воздухе, и в дальнейшем планируется их широкое внедрение в практику совершенствования гигиенического нормирования в Российской Федерации.

Список литературы

1. ГН 2.1.6.1338–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М., 2003.
2. Май И.В., Вековщина С.А., Чигвинцев В.М. Сопряжение данных инструментальной и расчетной оценки качества атмосферного воздуха г. Перми для задач эколого-гигиенического зонирования территории // Вестник Пермского университета. – Сер. Биология. – 2010. – № 2. – С. 60–4.
3. Методические подходы к оценке риска воздействия разнородных факторов среды обитания на здоровье населения на основе эволюционных моделей / Н.В. Зайцева, П.В. Трусков, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев, М.Ю. Цинкер // Анализ риска здоровью. – 2012. – № 1. – С. 15–22.
4. МР 2.1.10.0062–12. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей. – М., 2012.
5. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / 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.
6. Р.2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М., 2004. – 178 с.
7. Формирование списков приоритетных для гармонизации гигиенических нормативов содержания химических веществ в атмосферном воздухе / Н.Г. Атискова, П.З. Шур, К.В. Романенко, Д.М. Шляпников, А.А. Шараева // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 11. – С. 7–9.
8. Canadian Environmental Quality Guidance, Canadian Council of Ministers of the Environment. 2007.
9. Concise International Chemical Assessment Document 12 / Manganese And Its Compounds. – Geneva: WHO, 1999.
10. Davis C.D., Greger J.L. Longitudinal changes of manganese-dependent superoxide dismutase and other indices of manganese and iron status in women // Am. J. Clin. Nutr. – 1992. – № 55. – P. 747–752.
11. Egyed M., Wood G.C. Risk assessment for combustion products of the gasoline additive MMT in Canada. Sci Total Environ. – 1996. – № 189/190. – P. 11–20.
12. Studies of effects on the respiratory organs of air pollution through dust consisting mainly of manganese / S. Kagamimori, T. Makino, Y. Hiramaru et al. // Nippon Koshu Eisei Zasshi [Japanese Journal of Public Health]. – 1973. – Vol. 20. – P. 413–421.
13. The Report of the Scientific Steering Committee's Working Group on Harmonisation of Risk Assessment Procedures in the Scientific Committees advising the European Commission in the area of human and environ-

mental health // First Report on the Harmonisation of Risk Assessment Procedures / Scientific Steering Committee, EU. – Brussels, 2000. – Part 1. – 173 p.

14. Toxicological profile for manganese, U.S. Department of Health and Human Services // Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – 2008.

References

1. GN 2.1.6.1338-03. Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh naselennykh mest [GN 2.1.6.1338-03. Maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the air of residential areas].

2. May I.V., Vekovshina S.A., Chigvintsev V.M. Sopryazhenie dannykh instrumental'noy i raschetnoy otsenki kachestva atmosfernogo vozdukh g. Permi dlya zadach ekologo-gigienicheskogo zonirovaniya territorii [Connection of the data of instrumental and calculated Perm City air quality assessment for the tasks of ecological and hygienic territory zoning]. *Vestnik Permskogo universiteta Seriya Biologiya*, 2010, no. 2, pp. 60–64.

3. Zaytseva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M., Tsinker M.Yu. Metodicheskie podkhody k otsenke riska vozdeystviya raznorodnykh faktorov sredy obitaniya na zdorov'e naseleniya na osnove evolyutsionnykh modeley [Methodological approaches to assessing the risk of exposure of diverse environmental factors on human health based on evolutionary models]. *Analiz riska zdorov'yu* 2012, no. 1, pp. 15–22.

4. MR 2.1.10.0062–12 «Kolichestvennaya otsenka nekantserogennogo riska pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv na osnove postroeniya evolyutsionnykh modeley» [MR 2.1.10.0062. Quantifying non-cancer risk from exposure to chemicals based on constructing evolutionary models].

5. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredyu [Fundamentals of assessing public health risk from exposure to chemicals polluting the environment]. Ed. by Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G. Moscow: NII ECh i GOS, 2002. 408 p.

6. R.2.1.10.1920-04. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredyu [P.2.1.10.1920-04. Guidelines for assessing public health risk from exposure to chemicals polluting the environment]. Moscow, 2004. 178 p.

7. Atiskova N.G., Shur P.Z., Romanenko K.V., Shlyapnikov D.M., Sharaeva A.A. Formirovanie spiskov prioritnykh dlya garmonizatsii gigienicheskikh normativov sodержaniya khimicheskikh veshchestv v atmosfernom vozdukh [Creating lists of priorities for harmonization of hygienic standards for chemicals in the air]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 11, pp. 7–9.

8. Canadian Environmental Quality Guidance, Canadian Council of Ministers of the Environment, 2007.

9. Concise International Chemical Assessment Document 12. Manganese And Its Compounds. WHO, 1999.

10. Davis C.D., Greger J.L. Longitudinal changes of manganese-dependent superoxide dismutase and other indices of manganese and iron status in women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1992, no. 55, pp. 747–752.

11. Egyed M., Wood G.C. Risk assessment for combustion products of the gasoline additive MMT in Canada. *Sci Total Environ*, 1996, no. 189/190, pp. 11–20.

12. Kagamimori S., Makino T., Hiramaru Y., et al. Studies of effects on the respiratory organs of air pollution through dust consisting mainly of manganese. *Nippon Koshu Eisei Zasshi [Japanese Journal of Public Health]*, 1973, no. 20, pp. 413–421.

13. The Report of the Scientific Steering Committee's Working Group on Harmonisation of Risk Assessment Procedures in the Scientific Committees advising the European Commission in the area of human and environmental health. First Report on the Harmonisation of Risk Assessment Procedures, *Scientific Steering Committee*, EU, Brussels, 26–27 October 2000, part 1. 173 p.

14. Toxicological profile for manganese, U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2008.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF HYGIENIC STANDARDS USING HEALTH RISK CRITERIA AND THEIR APPLICATION IN THE CASE OF AMBIENT AIR MANGANESE

N.V. Zaitseva¹, P.Z. Shur¹, M.A. Zemlyanova¹, N.G. Atiskova¹, A.A. Khasanova², K.V. Romanenko², V.A. Fokin², D.L. Masunina²

¹ FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies",

82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia,

² Perm State University, 15, Bukireva St., Perm, 614990, Russia

Results of ambient air manganese hygienic standard development using health risk assessment approaches harmonized with international ones are presented. According to health risk level evolutionary modeling results as annual average ambient air manganese standard 0.00005 mg/m^3 was offered, as relevant critical effects – hypersensitivity reactions.

Key words: health risk assessment, evolutionary modelling, manganese, benchmark level.

© Zaitseva N.V., Shur P.Z., Zemlyanova M.A., Atiskova N.G., Khasanova A.A., Romanenko K.V., Fokin V.A., Masunina D.L., 2014

Zaitseva Nina Vladimirovna – Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Professor, Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-25-34).

Shur Pavel Zalmanovich – MD, Scientific Secretary (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

Zemlyanova Marina Aleksandrovna – MD, Head of Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods (e-mail: zem@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 236-39-30).

Atiskova Nina Georgievna – leading expert on risk assessment of health risk analysis (e-mail: atiskova@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

Khasanova Anna Alekseyevna – expert in risk assessment of health risk analysis (e-mail: sharaeva@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

Romanenko Kristina Vladimirovna – expert in risk assessment of health risk analysis (e-mail: romanenko@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

Fokin Vladimir Andreevich – expert in risk assessment of health risk analysis (e-mail: fokin@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

Mazunina Daria Leonidovna – assistant-researcher of Department of B Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods (e-mail: mix.darja @ yandex.ru; tel.: 8 (342) 236-39-30).

УДК 614.71, 614.715, 504.064

ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ НАСЕЛЕНИЯ К МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

И.В. Май, А.А. Кокоулина, С.Ю. Загороднов, Е.В. Попова

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

На примере предприятий металлургической, горнодобывающей и машиностроительной отраслей промышленности приведены результаты инструментальных исследований дисперсного состава твердой составляющей пылегазовых выбросов с выделением нормируемых фракций $PM_{2,5}$ и PM_{10} . Уточнены значения коэффициентов седиментации для частиц мелких фракций различных свойств. Показано, что использование данных о дисперсном составе пыли и обоснованных коэффициентов седиментации повышает точность расчётов в 1,5–2,5 раза. Описанные подходы позволяют увеличить точность оценки зон влияния пылевых выбросов промышленных предприятий и уровня экспозиции населения.

Ключевые слова: пылегазовые выбросы, мелкодисперсные частицы, PM_{10} , $PM_{2,5}$, оценка экспозиции, дисперсность, фракционный состав, коэффициент оседания.

Опасность пылевых частиц для здоровья человека подтверждена данными многолетних отечественных и зарубежных исследований [6, 9, 13–15, 17, 22]. Установлено, что размер частиц – это важный фактор их воздействия на здоровье, наряду с химическим составом и формой [13, 14, 22]. Доказано, что наибольшую угрозу с точки зрения воздействия на здоровье представляют именно частицы мелких фракций – размерами менее 10 (PM_{10}) и 2,5 мкм ($PM_{2,5}$), что обеспечивает их долгое присутствие в атмосфере, перенос на большие расстояния и способность проникать в нижние отделы дыхательных путей, доходить до бронхов и альвеол [9, 15, 17].

На сегодняшний день на территории Российской Федерации корректная оценка экспозиции населения к мелкодисперсной пыли затруднена, что обусловлено недоста-

точностью актуальных данных о дисперсном составе пылевых выбросов промышленных предприятий. Имеющие сведения не полностью соответствуют современному уровню развития технологических процессов и применяемого сырья [10]. Положение Приказа Минприроды РФ № 579 от 31.12.2010 г. «О порядке установления источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, подлежащих государственному учету и нормированию, и о Перечне вредных веществ, подлежащих государственному учету и нормированию», в котором утвержден регламент нормирования выбросов пыли с учетом дисперсности, реализуется крайне слабо. К примеру, по данным Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, на территории Прикамья к 2013 г. ни одно из промышленных предприятий не включило дан-

© Май И.В., Кокоулина А.А., Загороднов С.Ю., Попова Е.В., 2014

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

Кокоулина Анастасия Александровна – научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: maks@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-18-04).

Загороднов Сергей Юрьевич – научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: zagorodnov@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-18-04).

Попова Екатерина Владимировна – инженер по ГИС отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: popova@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-18-04).

ные о дисперсном составе пылевых выбросов в ведомости инвентаризации источников выделения и выбросов и, соответственно, при разработке нормативов предельно допустимых выбросов и проектировании санитарно-защитных зон мелкодисперсные пыли не рассматривались.

Сложившаяся ситуация не позволяет выполнить корректную гигиеническую оценку вероятного воздействия загрязнения атмосферного воздуха в зонах влияния стационарных источников выбросов твердых частиц промышленных предприятий.

Цель исследования состояла в отработке методических подходов к оценке экспозиции населения мелкодисперсной пылью в зонах влияния промышленных стационарных источников выбросов на базе наукоемкого анализа дисперсного и компонентного состава отходящих пылегазовых смесей.

Для достижения поставленной цели были последовательно решены задачи по установлению фракционного состава пылегазовых выбросов с выделением нормируемых фракций $PM_{2,5}$ и PM_{10} ; определению массы выбросов частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} (г/с, т/год); обоснованию корректных коэффициентов седиментации в зависимости от дисперсного состава пылей и условий выбросов; а также по оценке экспозиции населения в зонах влияния источников.

Объектами исследования являлись предприятия машиностроительной, горнодобывающей и металлургической отраслей на территории г. Перми и Пермского края.

Материалы и методы. Технологические процессы промышленных предприятий исследовали методом анализа технической документации с последующим выездным обследованием производственных объектов для выявления источников пылеобразования и пылевыделения, анализа их технологических особенностей и условий функционирования. На источниках выделения пыли проводили прямые инструментальные исследования выбросов. Пробоотбор осуществляли с применением двухциклонного сепаратора с последовательными ступенями отделения частиц различных

фракций и фильтров с соответствующими размерами пор и свойствами, позволяющими максимально сохранить дисперсный состав выбросов. Продолжительность отбора проб определялась интенсивностью пылевыделения на источнике и составляла от 2 до 20 мин при скорости отбора – $20 \text{ дм}^3/\text{мин}$. Отбор проб воздуха проводили на расстоянии, максимально приближенном к источнику пылевыделения. Для каждого источника осуществляли по 5 повторностей отбора, формировали объединённую (усреднённую) пробу, для которой выполняли все измерения.

Оценку общей массы пыли, выбрасываемой в единицу времени, выполняли гравиметрическим методом.

Определение дисперсного состава пылевых выбросов осуществляли с применением лазерного анализатора частиц Microtrac S3500 (охватываемый диапазон размера частиц от 20 нм до 2000 мкм). На основании результатов, полученных при определении дисперсного состава, вычисляли массовую концентрацию фракций частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} .

Форму пылевых частиц устанавливали с применением сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения (степень увеличения – от 5 до 300 000 крат; ускоряющее напряжение – от 0,3 до 30 кВ) с рентгено-флуоресцентной приставкой S3400N HITACHI (предел обнаружения – порядка 10–5 мас.%, минимальная область исследования – 100 мкм) на базе Центра коллективного пользования Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Количественную оценку частиц нормируемых фракций проводили путём определения их максимальных разовых (г/с) и валовых (т/год) выбросов в соответствии со стандартными методиками [6].

Выбор корректного коэффициента скорости оседания (седиментации, F) пылей осуществляли на стадии подготовки к расчетам рассеивания выбросов мелкодисперсных частиц от источников предприятий как отношение между скоростью оседания частиц с определённым размером

к опасной скорости ветра, которая определяется расчётным путём в соответствии со стандартизованными методиками. Скорость осаждения частицы сферической формы определяли по формуле, описывающей закон Стокса, где скорость оседания частиц зависит от их диаметра и плотности, а также от свойств среды, в которой происходит осаждение. Форму частиц, установленную с использованием электронной микроскопии, учитывали в формуле закона Стокса через эквивалентный диаметр, который определяли через коэффициент χ , имеющий значения от 1 до 2,9 [4].

Расчеты рассеивания каждой фракции пылей проводили с использованием стандартизованных методов, применяемых в России [7], и программных средств, реализующих алгоритм распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Расчёты выполняли в точках на границах санитарно-защитных зон предприятий и в узлах расчётных сеток, охватывающих район расположения предприятий в радиусе до двух километров (зоны прогнозируемого загрязнения).

При оценке экспозиции населения в качестве критериев использовали значения максимальных разовых и среднесуточных предельно допустимых концентраций – ПДК_{мр} и ПДК_{сс}, которые составляют соответственно 0,16 и 0,035 мг/м³ для РМ_{2,5}; и 0,3 и 0,06 мг/м³ для РМ₁₀¹ и гармонизированы с референтными уровнями, рекомендованными Всемирной организацией здравоохранения [9, 21].

Отображение и анализ экспозиции проводили на базе геоинформационной системы ArcGIS 9.3 с использованием векторных карт территорий, содержащих места расположения стационарных источников пылевых выбросов, границы санитарно-защитных зон, жилую застройку, объекты социально-культурного и рекреационного назначения и др., а также данные по численности проживающего населения.

За период 2011–2013 гг. было исследовано более 600 проб пыли, выделяемой технологическими аппаратами, станками и иными источниками, проведено более 20 оценок экспозиции в зонах влияния нескольких промышленных предприятий.

Результаты и их обсуждение. При анализе технологических процессов предприятий установлено:

- на металлургических предприятиях наибольшие объёмы выбросов твердых частиц образуются на агломерационном производстве (аглофабрики), при выплавке чугуна, переработке чугуна на сталь, в доменном производстве (доменная печь, рудный двор, литейный двор), в мартеновских цехах, в конвертерных сталеплавильных цехах, на коксохимическом производстве;

- наземные участки горнодобывающих производств характеризуются повышенным пылевыведением от мест пересыпки руды и готовой продукции, комплекса погрузочно-разгрузочных работ, грохотов, просеивающих машин, участка размола, конвейеров;

- на машиностроительных предприятиях основными источниками пылеобразования и выделения являются литейные цеха (вагранки, электродуговые и индукционные печи, участки складирования и переработки шихты и формовочных материалов, участки выбивки и очистки литья), кузнечно-прессовые и прокатные цеха (процессы нагрева и обработки металла), термические цеха (нагревательные печи, дробеструйные и дробометные камеры), гальванические цеха (подготовительные операции, в основном механическая очистка), цеха механической обработки материалов (механическая обработка металлов, древесины, стеклопластиков, графита и др. на станках), участки сварки и резки металлов.

Источниками пыления являются также вспомогательные технологические участки: котельные, ремонтно-механические, ремонтно-строительные цеха и т.д.

Фракционный состав пылевых выбросов технологических процессов металлургических производств представлен в табл. 1.

¹ ГН 2.1.6.2604–10 Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Таблица 1

Параметры дисперсного состава пылей, образующихся при некоторых технологических операциях металлургических производств

Технологическая операция	Массовая доля частиц, %			Медианный размер частиц, мкм
	менее 2,5 мкм	менее 10 мкм	более 10 мкм	
Загрузка колошниковой шихты	5,40	24,77	74,59	40,00
Загрузка моношихты	0,00	9,19	90,81	80,00
Загрузка металлургического шлака	44,46	55,52	42,58	4,00
Смещение шихты	11,40	31,14	68,16	30,00
Спекание агломерата	2,93	8,43	90,59	200,00
Выгрузка агломерата	5,24	15,41	82,33	20,00
Перегрузка руды (местного агломерата)	4,07	25,57	74,43	20,00
Выпуск чугуна	78,53	84,34	15,66	1,00
Выпуск шлака	17,56	53,91	46,12	8,50
Продувка чугуна в конвертере	1,22	10,79	89,21	8,50
Прокат заготовок на стане 370	12,06	26,87	72,15	40,00
Прокат заготовок на стане 550	0,00	8,58	91,42	90,00
Обжиг извести в печи	6,06	40,98	62,67	10,00
Выплавка феррованадия	4,71	26,95	73,05	20,00
Обработка рессоры дробью	35,51	47,91	52,09	10,00
Рубка стали	12,79	29,44	70,56	20,00
Горячая штамповка	1,32	18,01	81,99	80,00
Высверливание стержней	0,37	11,06	88,94	90,00
Отбивка от формовочной смеси	11,36	50,58	49,42	40,00
Выплавка стали в электростале- плавильной печи	16,71	38,22	61,78	20,00
Приготовление смеси в мешалке для укладки форм	1,65	13,67	86,33	20,00

Определено, что для пылей исследованного металлургического предприятия медианные размеры частиц составляли от 1,00 (операция «загрузка шлака») до 200,00 мкм (операция «спекание агломерата»). Доля частиц фракции $PM_{2,5}$ колебалась в диапазоне от 0 до 78 %, PM_{10} – от 8 до 84 % в зависимости от технологической операции и применяемого сырья.

Пример гистограммы, описывающий дисперсный состав пыли, выделяющейся при выпуске шлака, представлен на рис. 1.

В выбросах наземного участка предприятия горнодобывающего производства доля частиц размерами до 2,5 мкм включительно составляла 0–21 %; частиц размерами менее 10 мкм включительно – 0–49 %; частиц размерами более 10 мкм – 51–100 % (табл. 2).

Медианные размеры частиц для разных технологических процессов изменялись в диапазоне от 10,00 до 450,00 мкм.

Фракционный состав выбросов пыли, полученный по результатам исследований на предприятии машиностроительного профиля, представлен в табл. 3. Медианные размеры частиц в выбросах различных технологических процессов металлообработки машиностроительного предприятия колебались в диапазоне от 80 до 300 мкм.

В целом по исследованным технологически операциям выбросы от стационарных источников машиностроительного предприятия содержали от 0 до 13 объемных процентов частиц $PM_{2,5}$ и от 0 до 40 % частиц PM_{10} . Наибольшая доля мелкодисперсных частиц отмечена на участках сварки (до 70 %).

В выбросах всех исследованных производств идентифицировали частицы различных форм: шарообразные, угловатые, продолговатые, пластинчатые, смешанные и др. (рис. 2).

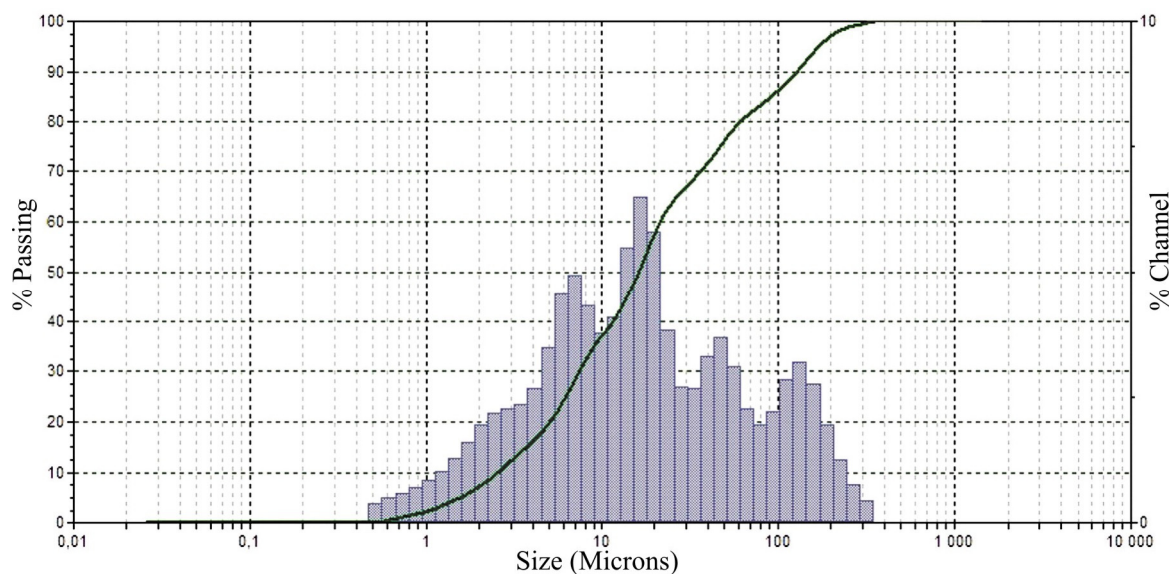


Рис. 1. Гистограмма дисперсного состава пыли от выпуска шлака

Таблица 2

Параметры дисперсного состава пылей, образующихся при некоторых технологических операциях наземного участка горнодобывающего производства

Технологическая операция	Массовая доля частиц, %			Медианный размер частиц, мкм
	менее 2,5 мкм	менее 10 мкм	более 10 мкм	
Пересып руды на ленточный конвейер	0,90	2,40	97,60	60,00
Пересып руды на ленточный конвейер	14,61	32,33	67,67	30,00
Пересып руды на ленточный конвейер	13,64	48,65	51,35	10,00
Сушка материала дымовыми газами	0,00	0,00	100,00	60,00
Смешение шихты в конвейерах	6,19	48,41	51,59	10,00
Пересып готовой продукции	2,32	14,90	85,10	80,00
Просеивание руды на грохотах	6,12	36,36	63,64	20,00
Просеивание руды на грохотах	14,25	43,76	56,24	20,00
Сушка гранулята на вибрационной сушильно-охладительной установке	9,51	35,41	64,59	30,00
Просеивание агломерата	19,72	46,46	53,54	20,00
Складирование зернового концентрата	9,84	20,80	79,20	50,00
Складирование зернового концентрата	0,00	0,00	100,00	450,00
Складирование сильвинита	20,90	40,41	59,59	20,00

Таблица 3

Параметры дисперсного состава пылей, образующихся при некоторых технологических операциях машиностроительного производства

Технологическая операция	Массовая доля частиц, %			Медианный размер частиц, мкм
	менее 2,5 мкм	менее 10 мкм	более 10 мкм	
1	2	3	4	5
Обработка стальных деталей на плоско-шлифовальных станках	0,00	4,93	95,07	300,00
Обработка стальных деталей на отрезных станках	7,07	32,97	67,02	200,00

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Обработка стальных деталей на заточных станках с алмазным кругом	0,37	15,29	84,71	100,00
Обработка стальных деталей на заточных станках	0,00	2,67	97,33	100,00
Обработка стальных деталей на горизонтально-расточных станках	0,35	19,77	80,23	200,00
Обработка стальных деталей на сверлильных станках	6,7	13,45	86,55	100,00
Обработка стальных деталей на токарных станках	0,35	12,24	87,76	200,00
Обработка стальных деталей на фрезерных станках	5,22	38,78	61,22	300,00
Обработка стальных деталей на наждаках	5,18	30,01	69,99	100,00
Обработка стальных деталей в галтовочных барабанах	0,55	16,84	83,16	200,00
Обработка стальных деталей в дробеметных камерах	0,00	0,00	100,00	100,00
Обработка неметаллических материалов на токарных станках	0,32	8,78	91,22	100,00
Полуавтоматическая сварка стали в среде углекислого газа	13,46	39,88	60,12	80,00
Полуавтоматическая сварка стали в среде аргона	0,00	2,16	97,84	80,00

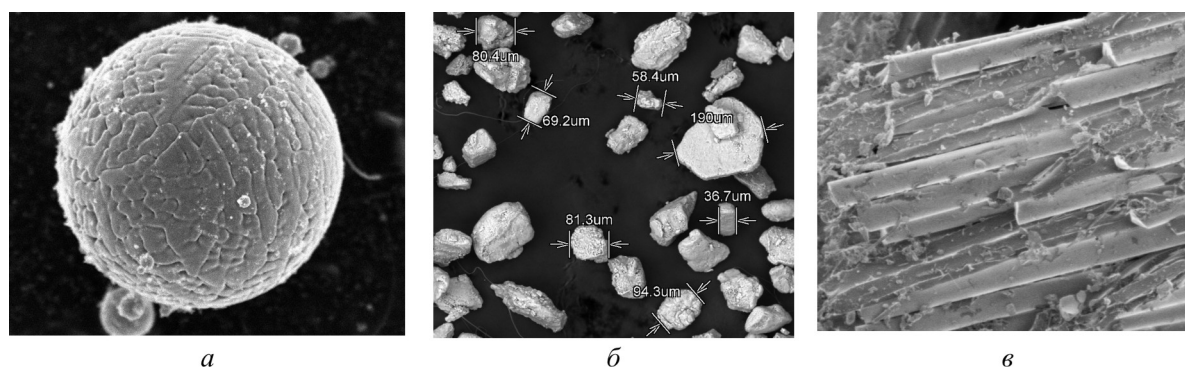


Рис. 2. Примеры различных форм пылевых частиц, установленные по результатам электронной микроскопии (а – шарообразная, б – смешанные, в – продолговатые)

В большинстве случаев в составе пыли было установлено присутствие частиц наноразмерного диапазона (рис. 3).

Рассчитанные для отдельных видов пылей коэффициенты седиментации составляли от 1 до 2,0. В ряде случаев обоснованные коэффициенты в 2,0–2,5 раза отличались от применяемых ранее, когда фракционный состав пылей не был идентифицирован, что существенно влияло на расчет атмосферной диффузии и, соответственно, на значение приземных концентраций примесей.

Расчеты рассеивания пылевых частиц от источников обследованного машиностроительного предприятия с учетом полу-

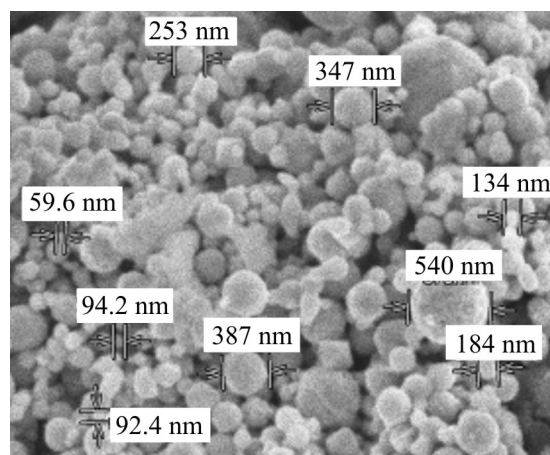


Рис. 3. Электронная фотография пыли, выделяемой при прокате заготовок на стане 550 (ув. $\times 10\,000$)

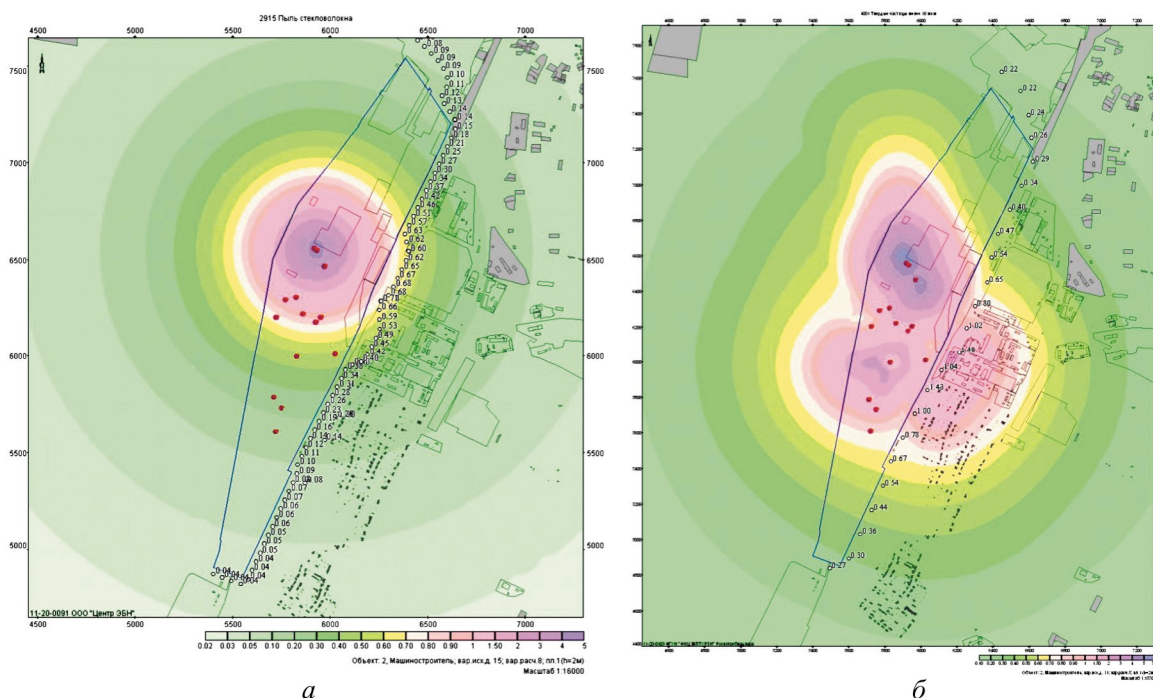


Рис. 4. Изолинии рассеивания пылевых частиц при неблагоприятных метеорологических условиях (штиль; $t 20^{\circ}\text{C}$) (а – без учёта дисперсности; б – с учётом дисперсности)

ченных данных о фракционном составе позволили выявить, что при неблагоприятных метеорологических условиях рассеивания максимальная приземная концентрация PM_{10} на границе санитарно-защитной зоны составила 1,5 ПДК_{мр.} При сопряжении результатов расчётов рассеивания и электронных слоёв, характеризующих население, было установлено, что за границей санзоны предприятия, на территории, где формируется превышение гигиенических нормативов, проживает 1286 человек. Полученные данные позволили пересмотреть ранее выполненные оценки санитарно-гигиенической ситуации, при которой не было выявлено опасных уровней загрязнения атмосферы (рис. 4).

Полученные данные подтвердили гипотезу о необходимости учета дисперсного состава при обосновании проектов санитарно-защитных зон и нормативов предельно допустимых выбросов, поскольку в зонах влияния источников пылей расстояние в 50, 100, 200 метров в ряде случаев может оказаться значимым с правовой и гигиенической точки зрения [2].

Выводы. Практически все пылегазовые выбросы изученных металлургических, машиностроительных и горнодобывающих производств содержат мелкие фракции пылей – до 80 % PM_{10} и до 40 % $\text{PM}_{2.5}$. Дисперсный состав выбрасываемых пылей разнороден и зависит от специфики технологического процесса, его аппаратного оформления, типа сырья и материалов.

В выбросах многих технологических процессов присутствуют частицы наноразмерного диапазона, что требует проведения направленных исследований по изучению их воздействия на работающих в частности и на население в целом.

Расчет корректного коэффициента седиментации для пылевых частиц разных фракций и разных свойств позволяет повысить надежность оценки их приземных концентраций и, соответственно, экспозиции населения.

Учёт фракционного состава пылей существенно повышает точность определения зоны влияния источников выбросов и корректность оценки экспозиции населения к опасным фракциям твердых выбросов.

Внедрение оценки фракционного состава пылей в процедуры обоснования нормативов предельно допустимых выбросов и проектирования санитарно-защитных зон должно рассматриваться как инструмент повышения эффективности мер по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Список литературы

1. Азаров В.Н. Комплексная оценка пылевой обстановки и разработка мер по снижению запылённости воздушной среды промышленных предприятий: автореф. ... д-ра техн. наук. – Ростов-н/Д., 2004.
2. Анализ дисперсного и компонентного состава пыли для оценки экспозиции населения в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников / Н.В. Зайцева, И.В. Май, А.А. Макс, С.Ю. Загороднов // Гигиена и санитария. – 2013. – № 5. – С. 19–23.
3. Воздействие пыли на нарушение репродуктивной функции организма / З.И. Намазбаева, М.А. Мукашева, О.В. Гулаева, Б.М. Салимбаева, Н.К. Дюсембаева, А.А. Адильбекова и др. // Гигиена и санитария. – 2005. – № 5. – С. 72.
4. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельчённых материалов. – 3-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1987. – 264 с.
5. Методические подходы к учету скорости оседания различных пылевых фракций для задач оценки экспозиции населения мелкодисперсными частицами / И.В. Май, А.А. Макс, С.Ю. Загороднов, В.М. Чигвинцев // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2012. – Т. 14, № 5 (3). – С. 971–975.
6. Методическое пособие по расчёту, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). – СПб., 2012.
7. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Общесоюзный нормативный документ / ГГО им. Воейкова. – Л., 1987. – 64 с.
8. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиана, К.А. Буштуева; под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.
9. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М., 2004.
10. Скрыбина Л.Я. Атлас промышленных пылей. Ч. 1. Летучая зола тепловых электростанций. – 48 с.; Ч. 2. Пыли предприятий металлургии, машиностроения и строительной промышленности. – 37 с.; Ч. 3. Пыли предприятий химической и пищевой промышленности. – М.: Цинтихимнефтемаш, 1980–1982.
11. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2) / S. Beccaceci, D. Muhunthan, D. Sarantaridis, J. Tompkins, D. Butterfield, P. Quincey, R. Brown, D. Green, A. Grieve, G. Fuller, A. Jones // Annual Report. – 2010. Report Date: 31/08/2011.
12. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe / Official Journal of the European Union. – 2008. – 11.06.
13. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis of 545 U.S. Counties for the Period from 2000 to 2007 / Correia, Andrew W.a; Pope, C. Arden IIIb; Dockery, Douglas W.c; Wang, Yuna; Ezzati, Majidd; Dominici, Francescaa // Epidemiology. – 2013. – Vol. 24. – Iss. 1. – P. 23–31. doi: 0.1097/EDE.0b013e3182770237. Air Pollution
14. Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early childhood / Wiesław A. Jedrychowski, Frederica P. Perera, John D. Spengler, Elzbieta Mroz, Laura Stigter, Elzbieta Flak, Renata Majewska, Maria Klimaszewska-Rembiasz, Ryszard Jacek // J. Hyg. Environ Health. – 2013.
15. Kassomenos P.A., Dimitriou K., Paschalidou A.K. Human health damage caused by particulate matter PM (10) and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece: Environ Monit Assess. – 2013.
16. Kirk R. Smith. Global review of national ambient air quality standards for PM10 and SO2 (24 h) // Air Qual Atmos Health DOI 10.1007/s11869-010-0131-2.2011.
17. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand / Usanee U. Vinitketkumnuen, Kittiwat K. Kalayanamitra, Teera T. Chewonarin, Richard R. Kamens // Mutat Res. – 2002. – Vol. 519 (1–2). – P. 121–31. – PMID 12160897.
18. Physical and chemical characterization of the particulate matter suspended in aerosols from the urban area of Belgrade (Article) / Joksic Jasminka D., Jovasevic-Stojanovic Milena V., Bartonova Alena, Radenkovic Mirjana B., Yttri Karl-Espen, Matic-Besarabic Snezana, Ignjatovic Ljubisa M. // Journal of the serbian chemical society. – 2009. – Vol. 74, br. 11. – P. 1319–1333.

19. Richard D. Cadle. Particle size: theory and industrial applications. Reinhold Pub. – Corp., 1965. – 390 p.
20. Variations of PM10 Mass Concentrations and Correlations with Other Pollutants in Belgrade Urban Area (Article) / Joksic Jasminka D., Radenkovic Mirjana B., Cvetkovic Anka, Matic-Besarabic Snezana, Jovasevic-Stojanovic Milena V., Bartonova Alena, Yttri Karl Espen // Chemical industry & chemical engineering quarterly. – 2010. – Vol. 16, br. 3. – P. 251–258.
21. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants // The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office, WHO Regional Office for Europe coordinated the development of these WHO guidelines.
22. Wilson R. and Spengler J. Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects. – Cambridge, MA: Distributed by Harvard University Press, 1996.

References

1. Azarov V.N. Kompleksnaya otsenka pylevoy obstanovki i razrabotka mer po snizheniyu zaplylenosti vozdukhnoy sredy promyshlennykh predpriyatiy: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk [Comprehensive assessment of dust conditions and development of measures to reduce dust content of industrial enterprises' air environment]. Rostov-na-Donu, 2004. 46 p.
2. Zaytseva N.V., May I.V., Maks A.A., Zagorodnov S.Yu. Analiz dispersnogo i komponentnogo sostava pyli dlya otsenki ekspozitsii naseleniya v zonakh vliyaniya vybrosov promyshlennykh statsionarnykh istochnikov [Analysis of the particulate and fractional composition of dust for the assessment of population exposure in areas of influence of emissions from industrial stationary sources]. *Gigiena i sanitariya*, 2013, no. 5, pp. 19–23.
3. Namazbaeva Z.I., Mukasheva M.A., Gulaeva O.V., Salimbaeva B.M., Dyusembaeva N.K., Adil'bekova A.A. i dr. Vozdeystvie pyli na narushenie reproduktivnoy funktsii organizma [Dust influence on organism reproductive disorders]. *Gigiena i sanitariya*, 2005, no. 5, p. 72.
4. Kouzov P.A. Osnovy analiza dispersnogo sostava promyshlennykh pyley i izmel'chennykh materialov [Fundamentals of the particulate composition of industrial dusts and particulate materials]. 3-e izd. pererab. Leningrad: Khimiya, 1987. 264 p.
5. May I.V., Maks A.A., Zagorodnov S.Yu., Chigvintsev V.M. Metodicheskie podkhody k uchetu skorosti osedaniya razlichnykh pylevykh fraktsiy dlya zadach otsenki ekspozitsii naseleniya melkodispersnymi chastitsami [Methodical approaches to the consideration of sedimentation rate of different dust fractions for the tasks of assessment of population exposure to fine particles]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*, 2012, vol. 14, no. 5 (3), pp. 971–975.
6. Metodicheskoe posobie po raschetu, normirovaniyu i kontrolyu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfery vozdukh (dopolnennoe i pererabotannoe) [Guidelines on the calculation, regulation and control of emissions into the atmosphere (revised and supplemented)]. St. Petersburg, 2012. 222 p.
7. OND-86 Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozdukhke vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy. Obshchesoyuznyy normativnyy dokument [OND-86 Methods of calculating the concentrations in the air of harmful substances contained in industrial emissions. – Union regulatory document]. GGO im. Voeykova. Leningrad, 1987. 64 p.
8. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliana S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [Fundamentals of assessing public health risk from exposure to chemicals polluting the environment]. Ed. by Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G. Moscow: NII ECh i GOS, 2002. 408 p.
9. R 2.1.10.1920-04. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [P 2.1.10.1920-04. Guidance for public health risk assessment from exposure to chemicals polluting the environment]. Moscow, 2004.
10. Skryabina L.Ya. Atlas promyshlennykh pyley. Part 1. Letuchaya zola teplovykh elektrostantsiy. 48 p. Part 2. Pyli predpriyatiy metallurgii, mashinostroeniya i stroitel'noy promyshlennosti 37 p. Part 3. Pyli predpriyatiy khimicheskoy i pishchevoy promyshlennosti [Atlas of industrial dusts. Part 1. Fly ash of thermal power plants. Part 2. Dusts of enterprises of metallurgy, engineering and construction industries. Part 3. Dusts of chemical and food industries]. Tsintikhimneftemash.: Moscow, 1980–1982.
11. Beccaceci S., Muhunthan D., Sarantaridis D., Tompkins J., Butterfield D., Quincey P., Brown R., Green D., Grieve A., Fuller G., Jones A. Airborne Particulate Concentrations and Numbers in the United Kingdom (phase 2). Annual Report – 2010. Report Date: 31/08/2011.
12. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, 11.06.2008. 44 p.
13. Correia Andrew W. a; Pope C. Arden III b; Dockery, Douglas W. c; Wang, Yuna; Ezzati, Majidd; Dominici, Francescaa. Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis of 545 U.S. Counties for the Period from 2000 to 2007. *Epidemiology*, January 2013, vol. 24, issue 1, pp. 23–31. DOI: 0.1097/EDE.0b013e3182770237. Air Pollution.

14. Kassomenos P.A., Dimitriou K., Paschalidou A.K. Human health damage caused by particulate matter PM (10) and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece. *Environ Monit Assess*, 2013.
15. Jedrychowski W.A., Perera F.P., Spengler J.D., Mroz E., Stigter L., Flak E., Majewska R., Klimaszewska-Rembiasz M., Jacek R. // Intrauterine exposure to fine particulate matter as a risk factor for increased susceptibility to acute broncho-pulmonary infections in early childhood. *Int J Hyg Environ Health*, 2013, vol. 216 (4), pp. 395–401.
16. Kirk R. Smith. Global review of national ambient air quality standards for PM10 and SO2 (24 h). *Air Qual Atmos Health*, DOI: 10.1007/s11869-010-0131-2.2011.
17. Usanee U Vinitketkumnien, Kittiwat K Kalayanamitra, Teera T Chewonarin, Richard R Kamens. Particulate matter, PM 10 & PM 2.5 levels, and airborne mutagenicity in Chiang Mai, Thailand. *Mutat Res*, vol. 519 (1–2), pp. 121–131 (2002), PMID 12160897.
18. Joksic J.D., Jovasevic-Stojanovic M.V., Bartonova A., Radenkovic M.B., Yttri K.E., Matic-Besarabic S., Ignjatovic L.M. Physical and chemical characterization of the particulate matter suspended in aerosols from the urban area of Belgrade (Article). *Journal of the serbian chemical society*, 2009, vol. 74 br. 11, pp. 1319–1333.
19. Richard D. Cadle. Particle size: theory and industrial applications. Reinhold Pub. Corp., 1965. 390 p.
20. Joksic J.D., Radenkovic M.B., Cvetkovic A., Matic-Besarabic S., Jovasevic-Stojanovic M.V., Bartonova A., Yttri K.E. Variations of PM10 Mass Concentrations and Correlations with Other Pollutants in Belgrade Urban Area (Article). *Chemical industry & chemical engineering quarterly*, 2010, vol. 16 br. 3, pp. 251–258.
21. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office, WHO Regional Office for Europe coordinated the development of these WHO guidelines.
22. Wilson R. and Spengler J. Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects. Cambridge, MA: Distributed by Harvard University Press, 1996.

EXPOSURE ASSESSMENT FOR POPULATION TO FINE PARTICLES IN THE INFLUENCE ZONES OF EMISSIONS FROM INDUSTRIAL STATIONARY EMISSION SOURCES

I.V. May, A.A. Kokoulina, S.Y. Zagorodnov, E.V. Popova

FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive
Health Risk Management Technologies"
82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia

In the case of the metallurgical, mining and engineering industries the instrumental studies results of disperse composition of the emissions are described, normalized fractions PM_{2.5} and PM₁₀ are isolated. Values of the sedimentation coefficients for fine particles with different properties are clarified. It is shown that the use of data on dust dispersed composition and reasonable sedimentation coefficients improves the accuracy of calculations by 1.5–2.5 times. The described approach can improve the accuracy of influence zones for industrial enterprises dust emissions and exposure assessment.

Key words: dust and gas emissions; fine particles; PM₁₀, PM_{2.5}, exposure assessment, dispersion, fractional composition, sedimentation coefficient.

© May I.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S.Y., Popova E.V., 2014

May Irina Vladislavovna – DBS, Professor, Deputy Director for Science (e-mail: may@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-25-47).

Kokoulina Anastasiia Aleksandrovna – research associate of Department of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring Systemic Methods (e-mail: maks@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-18-04).

Zagorodnov Sergey Yurievich – research associate of Department of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring Systemic Methods (e-mail: zagorodnov@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-18-04).

Popova Ekaterina Vladimirovna – GIS-engineer of Department of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring Systemic Methods (e-mail: popova@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-18-04).

УДК 51-76, 613

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов

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

Разработан алгоритм популяционных количественных оценок дополнительной заболеваемости и смертности, соответствующих риску нарушений функций органов и систем человеческого организма, рассчитанному на основе эволюционных моделей. На каждом этапе алгоритма подробно описаны источники необходимых данных, способы их обработки и получаемые промежуточные результаты, в методике учтены особенности возрастного распределения показателей здоровья с использованием показателя тяжести заболеваний. Апробация метода выполнена на примере комплексного воздействия разнородных факторов среды обитания на несколько критических органов и систем. Результаты расчетов показывают, что дополнительный риск заболеваемости и смертности по причине болезней практически всех классов и систем с возрастом увеличивается, принимая недопустимые значения в старшем трудоспособном возрасте. Кроме того, в структуре дополнительного риска наблюдается перевес состояний, связанных с нарушениями системы кровообращения. Результаты оценки риска по предложенному алгоритму могут служить основанием для проведения дополнительных исследований влияния факторов среды обитания на здоровье, организации проведения медико-профилактических и контрольно-надзорных мероприятий.

Ключевые слова: оценка дополнительной заболеваемости и смертности, эволюционное моделирование, риск нарушения функций органов и систем.

Внедрение в практику деятельности органов и организаций Роспотребнадзора методических документов по оценке риска здоровью населения, ориентированных на использование эволюционного моделирования [8] позволило не только совершенствовать методологию оценки риска, но и существенно расширить спектр решаемых задач. Разработанные методы являются результатом адаптации фундаментальной модели накопления нарушений функций органов и систем человеческого организма, находящегося под воздействием факторов среды обитания, к использованию в практической деятельности [4]. Основным достоинством применения эволюционных моделей для оценки риска является возможность прогнозирования накопления риска негативных эффектов в виде нарушений функ-

ций органов и систем организма, связанных с экспозицией факторов среды обитания. Этот метод ориентирован, в основном, на оценку индивидуального риска и, в меньшей степени, позволяет выполнять расчеты на популяционном уровне, хотя таковые наиболее востребованы в задачах управления риском здоровью. В ряде публикаций, посвященных применению эволюционных моделей для задач оценки риска, содержатся подходы, позволяющие выполнять расчеты дополнительных случаев заболеваемости и смертности, обусловленных факторами среды обитания [3, 6–7]. Вместе с тем содержащиеся в них материалы не имеют четких алгоритмов, описания источников необходимых данных и способов их обработки для расчета популяционного риска. В этой связи актуальной задачей является

© Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., 2014

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

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

разработка алгоритма популяционных количественных оценок дополнительной заболеваемости и смертности, соответствующих риску нарушений функций органов и систем человеческого организма, рассчитанному на основе эволюционных моделей.

Эволюционные модели опираются на понятие риска как комбинации тяжести вреда и вероятности возникновения этого вреда, применяемое в международной практике [1], и позволяют проводить динамические оценки риска функциональных нарушений органов и систем организма в связи с длительными переменными экспозициями различных факторов [3, 5]. При этом сам риск представляется безразмерной величиной в диапазоне $[0; 1]$. С одной стороны, значение риска, равное нулю ($R = 0$), соответствует отсутствию функциональных нарушений в организме и, следовательно, отсутствию случаев заболеваний и смерти. С другой стороны, приближение значений риска к единице ($R \rightarrow 1$) соответствует увеличению частоты тяжелых заболеваний и смертности.

Эволюционные модели, адаптированные к использованию при расчетах риска в виде рекуррентных соотношений, представлены в формуле (1):

$$R_{t+1}^i = R_t^i + (\alpha_i R_t^i + \sum_j \Delta R_t^{ij}) C \quad (1)$$

где R_{t+1}^i – риск нарушений i -й системы организма в момент времени $t + 1$; R_t^i – риск нарушений i -й системы организма в момент времени t ; α_i – коэффициент, учитывающий эволюцию риска за счет естественных причин; C – временной эмпирический коэффициент, зависящий от периода осреднения.

В качестве показателя, характеризующего вклад факторов в эволюцию риска, используется величина дополнительного риска, обусловленного действием факторов среды обитания и определяемого как разность рисков в условиях экспозиции факторов и при их отсутствии в каждый момент времени:

$$\Delta R_t^i = R_t^i - R_t^{i/\Phi}, \quad (2)$$

где t – возрастная группа с пятилетним интервалом; ΔR_t^i – дополнительный риск нарушения i -й системы органов в возрасте t ; R_t^i – риск нарушения i -й системы органов под воздействием факторов среды обитания в возрасте t ; $R_t^{i/\Phi}$ – риск нарушения i -й системы органов без воздействия факторов среды обитания в возрасте t .

Оценка индивидуального риска производится по разработанной шкале, приведенной в [5]. Шкала позволяет оценить риск по категориям от приемлемого до очень высокого. Вместе с тем для популяционных оценок важно определять не только категорию риска, но и количество дополнительных случаев нарушений здоровья, дифференцированных по тяжести (в виде заболеваний и смерти населения) на каждый момент времени.

Общий алгоритм количественной оценки дополнительных случаев заболеваемости и смертности, связанных с риском нарушений функций органов и систем организма, основан на анализе возрастного распределения показателей здоровья и заключается в последовательном выполнении нескольких этапов (рис. 1).

Этап 1. Расчет риска нарушений функций органов и систем организма с учетом и без учета экспозиции факторов среды обитания (R_t^i , $R_t^{i/\Phi}$).

Этап 2. Оценка среднего популяционного показателя тяжести заболеваний g_i с точки зрения нарушения функций органов и систем организма. Оценка тяжести заболеваний основана на сопоставлении данных, полученных с использованием экспертных оценок и сведений, предоставляемых территориальным фондом ОМС.

Этап 3. Расчет среднепопуляционного риска нарушения функций органов и систем организма (\bar{R}_t^i) на основе данных смертности и заболеваемости населения с учетом тяжести заболеваний.

Этап 4. Построение системы приведенных показателей заболеваемости \tilde{z}_t^{ij} и смертности \tilde{s}_t^{ij} населения, соответствующих

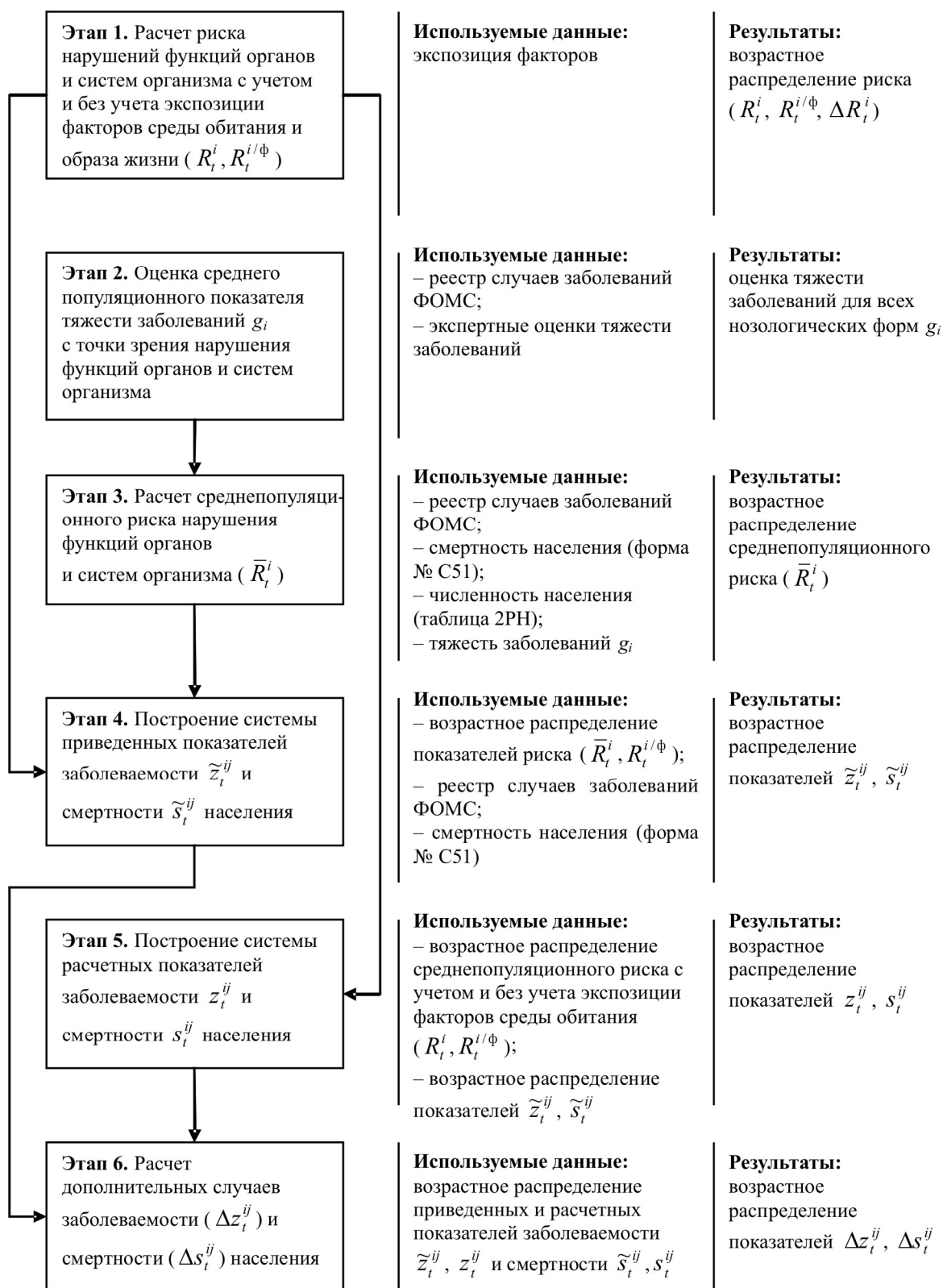


Рис. 1. Общий алгоритм количественной оценки дополнительных случаев заболеваемости и смертности, связанных с риском нарушений функций органов и систем организма

эволюционной кривой накопления риска здоровью без воздействия факторов среды обитания.

Этап 5. Построение системы расчетных показателей заболеваемости z_t^{ij} и смертности s_t^{ij} населения, соответствующих эволюционной кривой накопления риска здоровью под воздействием факторов среды обитания и образа жизни.

Этап 6. Расчет дополнительных случаев заболеваемости (Δz_t^{ij}) и смертности (Δs_t^{ij}) населения, связанных с риском накопления нарушений функций органов и систем организма.

Выполнение популяционных оценок нарушений здоровья производится с использованием показателя тяжести заболеваний, позволяющего сопоставлять отдельные нозологические формы и выступающего в качестве весового коэффициента при сложении частот случаев заболеваний и смерти [9]. Показатель тяжести заболеваний нормирован от 0 до 1, при этом легкие заболевания характеризуются значением коэффициента тяжести, близким к 0, а тяжелые – близким к 1. Среднепопуляционный показатель тяжести заболеваний оценивается на основе данных заболеваемости населения и экспертных оценок тяжести наиболее часто встречающихся (репрезентативных) заболеваний. Например, тяжесть ОРВИ оценивается как 0,1, неинфекционный гастроэнтерит и колит – как 0,35, стенокардии – 0,70, злокачественное новообразование головного мозга – 0,95. Следует отметить, что в качестве экспертов выбраны 10 практикующих врачей-терапевтов с опытом работы не менее 5 лет. Требования к экспертам продиктованы необходимостью максимально объективизировать оценку тяжести репрезентативных заболеваний.

Определение тяжести остальных заболеваний основано на сопоставлении с репрезентативным заболеванием по длительности лечения. При этом функция пересчета должна соответствовать следующим требованиям:

– тяжесть заболевания характеризуется длительностью лечения;

– отсутствие заболевания соответствует отсутствию тяжести;

– тяжесть заболеваний всегда меньше единицы.

С учетом вышеизложенных требований для расчета значений тяжести заболеваний внутри подкласса используется следующее соотношение:

$$g_i = 1 - e^{-\frac{T_i \ln(1-g_M)}{T_M}}, \quad (3)$$

где g_M и T_M – значение тяжести и средней длительности репрезентативного заболевания; g_i и T_i – расчетное значение тяжести и средняя длительность i -го заболевания.

С использованием коэффициента тяжести на основе распределения заболеваемости и смертности населения по возрасту определяется приведенная система популяционных показателей здоровья, которая представляет собой возрастное распределение популяционных показателей заболеваемости и смертности различной тяжести, соответствующих фоновой эволюционной кривой риска. При этом для каждой возрастной группы определяется показатель, соответствующий среднепопуляционному риску нарушений функций органов и систем, по соотношению:

$$\bar{R}_t^i = \frac{\sum_j \bar{z}_t^{ij} g^j + \bar{s}_t^i}{1000}, \quad (4)$$

где t – возрастная группа с пятилетним интервалом, \bar{R}_t^i – показатель, соответствующий среднепопуляционному риску нарушений функций i -й системы или органа в возрасте t ; \bar{z}_t^{ij} – среднепопуляционная заболеваемость j -й болезни i -й системы или органа в возрасте t (сл./1000); \bar{s}_t^i – среднепопуляционная смертность от заболеваний i -й системы или органа в возрасте t (сл./1000); g^j – коэффициент тяжести.

По соотношению между показателями, соответствующими среднепопуляционному риску нарушений функций органов и систем, расчетному уровню риска при воздействии исследуемых факторов и фоновой

эволюционной кривой риска, рассчитываются коэффициенты приведения:

$$k_t^i = \frac{R_t^{i/\Phi}}{\bar{R}_t^i}, \quad l_t^i = \frac{R_t^i}{\bar{R}_t^{i/\Phi}}. \quad (5)$$

Приведенная и расчетная система популяционных показателей заболеваемости и смертности определяется по соотношениям:

$$\begin{aligned} \tilde{z}_t^{ij} &= \bar{z}_t^{ij} \cdot k_t^i & z_t^{ij} &= \tilde{z}_t^{ij} l_t^i \\ \tilde{s}_t^{ij} &= \bar{s}_t^{ij} \cdot k_t^i & s_t^{ij} &= \tilde{s}_t^{ij} l_t^i \end{aligned} \quad (6)$$

где \tilde{z}_t^{ij} , \tilde{s}_t^{ij} – приведенная и расчетная заболеваемость j -й болезнью i -й системы в возрасте t ; \bar{z}_t^{ij} , \bar{s}_t^{ij} – приведенная и расчетная смертность от j -й болезни i -й системы в возрасте t .

Дополнительная заболеваемость и смертность определяются как разность между расчетными и приведенными значениями:

$$\begin{aligned} \Delta z_t^{ij} &= z_t^{ij} - \tilde{z}_t^{ij} \\ \Delta s_t^{ij} &= s_t^{ij} - \tilde{s}_t^{ij}, \end{aligned} \quad (7)$$

где Δz_t^{ij} – дополнительная заболеваемость j -й болезнью i -й системы в возрасте t ; Δs_t^{ij} – дополнительная смертность от j -й болезни i -й системы в возрасте t .

Апробация метода расчета дополнительных случаев заболеваемости и смертности, соответствующих риску нарушений функций органов и систем организма, выполнена на примере результатов эволюционного моделирования риска здоровью населения, находящегося под воздействием факторов среды обитания, которые задаются уровнями экспозиции, представленными в табл. 1.

Пример описывает ситуацию комплексного воздействия разнородных факторов на несколько критических органов и систем. Такая ситуация является типичной для населения, проживающего на урбанизированных территориях в зоне воздействия промышленных предприятий, а также характеризующейся выраженными социальными проблемами. Результаты оценки риска, выполненной на основе эволюционного моделирования, представлены в табл. 2.

Дополнительный риск принимает недопустимые значения в возрастных группах старше 45 лет. При этом основные нарушения формируются в отношении функций сердечно-сосудистой системы. Недопустимый риск нарушений функций других систем начинает формироваться после 60 лет.

Полученным значениям дополнительного риска нарушений функций органов и систем соответствуют дополнительные случаи заболеваемости и смертности, представленные в табл. 3 и 4.

В таблицах содержатся значения расчетных уровней заболеваемости и смертности, соответствующие дополнительному риску нарушений функций отдельных систем организма. Так как основные воздействия факторов направлены на систему кровообращения, то и в структуре дополнительной заболеваемости и смертности наблюдается перевес состояний, связанных с нарушением сердечной деятельности. Динамика показателей дополнительной заболеваемости и смертности, обусловленной риском нарушений системы кровообращения, представлена на рис. 2.

Таблица 1

Диапазон значений уровня экспозиции факторов среды обитания

Фактор	Параметры факторов	Допустимый уровень
Диоксид азота в атмосферном воздухе, мг/м ³	0,022–0,127	0,04
Оксид углерода в атмосферном воздухе, мг/м ³	3,5–5,33	3,0
Кадмий в питьевой воде, мг/дм ³	0,00038–0,00041	0,00002
Шум, дБА	55,72	50
Курение, мг никотина/сут.	0–10	0,1
Употребление алкоголя, г/неделя	0–50	30
Физическая активность, мин/неделя	200–60	Не менее 200

Таблица 2

Дополнительный риск нарушений органов и систем человека, обусловленный действием факторов среды обитания

Возраст, лет	Болезни мочевыделительной системы	Болезни центральной нервной системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни системы кровообращения	Болезни уха и сосцевидного отростка	Болезни эндокринной системы
От 20 до 24	0,001	0,003	0,001	0,001	0,004	0,004	0,002
От 25 до 29	0,001	0,003	0,002	0,002	0,008	0,004	0,003
От 30 до 34	0,002	0,006	0,004	0,003	0,012	0,006	0,005
От 35 до 39	0,003	0,009	0,007	0,006	0,022	0,007	0,008
От 40 до 44	0,008	0,015	0,01	0,013	0,042	0,009	0,016
От 45 до 49	0,015	0,026	0,014	0,026	0,077	0,011	0,028
От 50 до 54	0,021	0,037	0,017	0,041	0,131	0,012	0,045
От 55 до 59	0,029	0,049	0,022	0,057	0,213	0,015	0,068
От 60 до 64	0,036	0,061	0,027	0,074	0,338	0,018	0,096
От 65 до 69	0,043	0,074	0,033	0,093	0,527	0,021	0,136
От 70 до 74	0,051	0,087	0,04	0,114	0,478	0,024	0,189
75 и старше	0,059	0,102	0,047	0,137	0,209	0,028	0,26

Таблица 3

Дополнительная заболеваемость по классам, соответствующим основным органам и системам человека (количество случаев на 1000 населения)

Возраст, лет	Болезни мочевыделительной системы	Болезни центральной нервной системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни системы кровообращения	Болезни уха и сосцевидного отростка	Болезни эндокринной системы
От 20 до 24	1,100	5,439	8,130	5,814	7,868	14,919	6,720
От 25 до 29	2,393	8,686	16,718	12,803	13,474	18,872	11,302
От 30 до 34	4,451	13,012	28,395	22,821	23,290	23,600	19,622
От 35 до 39	7,410	19,292	42,817	35,387	40,017	28,993	32,214
От 40 до 44	16,294	33,837	53,431	83,637	74,395	32,918	60,165
От 45 до 49	31,504	56,094	63,399	159,187	136,497	36,872	107,370
От 50 до 54	47,113	80,762	73,005	233,773	229,765	41,816	168,711
От 55 до 59	62,712	109,388	78,743	308,362	366,589	46,605	248,464
От 60 до 64	78,063	135,221	87,266	393,629	576,665	55,014	353,359
От 65 до 69	91,873	157,646	100,359	493,202	886,424	59,313	495,415
От 70 до 74	107,419	181,616	115,645	594,794	1052,728	65,513	684,385
75 и старше	124,309	224,206	135,220	648,903	549,218	63,479	932,231

Таблица 4

Дополнительная смертность по классам причин смерти, соответствующим основным органам и системам (количество случаев на 1000 населения)

Возраст, лет	Болезни мочевыделительной системы	Болезни центральной нервной системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни системы кровообращения	Болезни уха и сосцевидного отростка	Болезни эндокринной системы
От 20 до 24	0,000	0,000	0,001	0,001	0,029	0,000	0,002
От 25 до 29	0,001	0,000	0,013	0,006	0,151	0,000	0,000
От 30 до 34	0,002	0,000	0,032	0,019	0,386	0,000	0,007
От 35 до 39	0,007	0,000	0,042	0,039	0,613	0,005	0,014
От 40 до 44	0,025	0,000	0,078	0,124	0,944	0,000	0,006
От 45 до 49	0,033	0,000	0,142	0,238	1,547	0,000	0,034
От 50 до 54	0,069	0,000	0,141	0,490	2,404	0,000	0,036
От 55 до 59	0,104	0,000	0,211	0,786	3,737	0,004	0,060
От 60 до 64	0,207	0,000	0,271	1,080	6,073	0,000	0,131
От 65 до 69	0,198	0,000	0,406	1,392	11,282	0,000	0,184
От 70 до 74	0,276	0,000	0,556	1,758	15,000	0,000	0,388
75 и старше	0,405	0,000	0,827	2,945	11,079	0,000	0,640

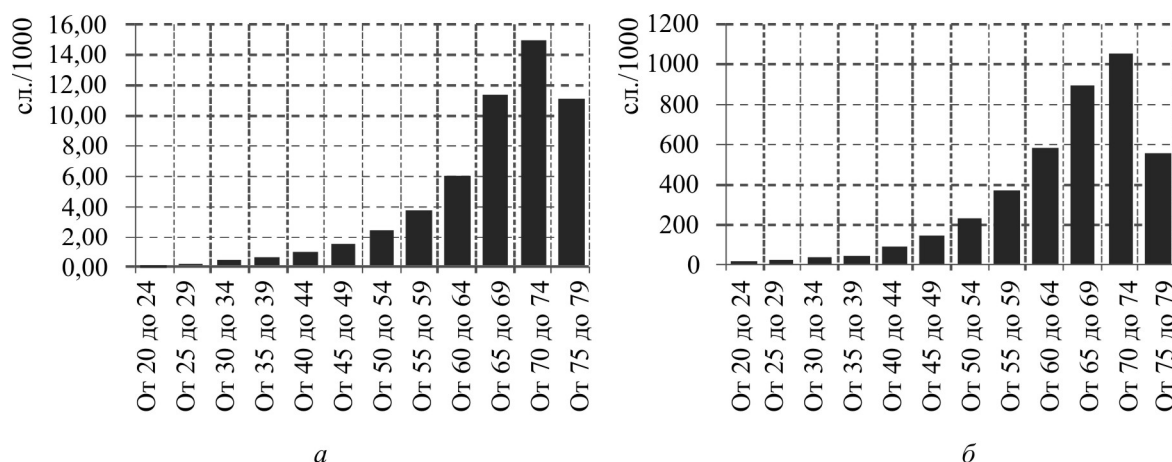


Рис. 2. Возрастное распределение популяционного риска смертности по причине болезней системы кровообращения (а) и заболеваемости болезнями системы кровообращения (б) в условиях разнородных факторов среды обитания и образа жизни

Из рисунка видно, что возрастное распределение количественных показателей риска соответствует основным закономерностям нарушений здоровья населения, связанным с возрастом. Результаты расчетов показывают, что дополнительный риск заболеваемости и смертности по причине болезней практически всех классов и систем с возрастом увеличивается.

В старших возрастах дополнительные риски заболеваемости и смертности существенно выше соответствующих показателей в трудоспособном возрасте.

Выводы. Таким образом, разработанный алгоритм количественной оценки популяционных показателей риска здоровью населения позволяет дополнить оценку индивидуального риска с использованием

эволюционных моделей прогнозом числа дополнительных случаев заболеваний и смерти, связанных с воздействием факторов среды обитания. Кроме того, полученные результаты могут служить основанием для организации углубленных исследований влияния факторов среды обитания на здоровье, проведения медико-профилактических мероприятий. Использо-

вание предложенного подхода в деятельности органов и учреждений Федеральной службы по защите прав потребителей и благополучия человека может являться источником аргументов для формирования доказательной базы воздействия источников загрязнения объектов среды обитания на здоровье и основанием для проведения контрольно-надзорных мероприятий.

Список литературы

1. Зайцева Н.В., Шур П.З. Актуальные вопросы методической поддержки оценки риска для здоровья населения при обеспечении безопасности продукции: мировой зарубежный опыт и практика таможенного союза // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 4. – С. 4–16.
2. К оценке дополнительного риска заболеваний желудочно-кишечного тракта, ассоциированных с дисбиозом кишечной микрофлоры вследствие воздействия остаточных концентраций тетрациклина в пищевых продуктах / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, А.И. Аминова, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 7. – С. 46–48.
3. Количественная оценка неканцерогенного риска для здоровья населения / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, В.Б. Алексеев, А.С. Сбоев, О.П. Волк-Леонович // Гигиена и санитария. 2008. – № 6. – С. 64–67.
4. 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 [Электронный ресурс] // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – № 2. – С. 589–610. – URL: http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf (дата обращения: 05.12.2012).
5. Методические подходы к оценке интегрального риска здоровью населения на основе эволюционных математических моделей / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 10. – С. 6–9.
6. Методические подходы к оценке популяционного риска здоровью на основе эволюционных моделей / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 1 (238). – С. 4–6.
7. Методические подходы к оценке риска воздействия разнородных факторов среды обитания на здоровье населения на основе эволюционных моделей / Н.В. Зайцева, П.В. Трусов, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев, М.Ю. Цинкер // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 1. – С. 15–23.
8. МР 2.1.10.0062–12. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 36 с.
9. Цинкер М.Ю., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р. Применение комплексного индекса нарушения здоровья населения для оценки популяционного здоровья в Пермском крае // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3–6. – С. 1988–1992.

References

1. Zaytseva N.V., Shur P.Z. Aktual'nye voprosy metodicheskoy podderzhki otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri obespechenii bezopasnosti produktsii: mirovoy zarubezhnyy opyt i praktika tamozhennogo soyuza [Topical issues of methodological support of public health risk assessment while ensuring the safety of products: global foreign experience and practice of the customs union]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 4, pp. 4–16.
2. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Aminova A.I., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R. K otsenke dopolnitel'nogo riska zabolevaniy zheludочно-kishechnogo trakta, assotsiirovannykh s disbiozom kishechnoy mikroflory vsledstvie vozdeystviya ostatochnykh kontsentratsiy tetratsiklina v pishchevykh produktakh [Assessing the additional risk of diseases of the gastrointestinal tract associated with dysbiosis of intestinal microflora due to the impact of tetracycline residues in foods]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2012, no. 7, pp. 46–48.
3. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Alekseev V.B., Sboev A.S., Volk-Leonovich O.P. Kolichestvennaya otsenka nekanterogennogo riska dlya zdorov'ya naseleniya [Quantitative assessment of non-cancer risk to public health]. *Gigiena i sanitariya*, 2008, no. 6, pp. 64–67.
4. Trusov P.V., Zaytseva N.V., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu., Chigvintsev V.M., Lanin D.V. Matematicheskaya model' evolyutsii funktsional'nykh narusheniy v organizme cheloveka s uchetom vneshnes-

redovykh faktorov [Mathematical model for the evolution of functional disorders in the human body taking into account environmental factors]. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*, 2012, no. 2, pp. 589–610, available at: http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf.

5. Zaytseva N.V., Shur P.Z., May I.V., Kir'yanov D.A. Metodicheskie podkhody k otsenke integral'nogo riska zdorov'yu naseleniya na osnove evolyutsionnykh matematicheskikh modeley [Methodological approaches to the assessment of the integral health risk on the basis of mathematical models of evolution]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2011, no. 10, pp. 6–9.

6. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu. Metodicheskie podkhody k otsenke populyatsionnogo riska zdorov'yu na osnove evolyutsionnykh modeley [Methodological approaches to the assessment of population health risk on the basis of evolutionary models]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 1 (238), pp. 4–6.

7. Zaytseva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M., Tsinker M.Yu. Metodicheskie podkhody k otsenke riska vozdeystviya raznorodnykh faktorov sredy obitaniya na zdorov'e naseleniya na osnove evolyutsionnykh modeley [Methodological approaches to the assessment of risk of exposure to diverse environmental factors on human health based on evolutionary models]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 1, pp. 15–23.

8. MR 2.1.10.0062-12. Kolichestvennaya otsenka nekantserogennogo riska pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv na osnove postroeniya evolyutsionnykh modeley [MR 2.1.10.0062-12. Quantitative assessment of non-cancer risk with exposure to chemicals on the basis of constructing evolutionary models]. Moscow: Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2012. 36 p.

9. Tsinker M.Yu., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R. Primenenie kompleksnogo indeksa narusheniya zdorov'ya naseleniya dlya otsenki populyatsionnogo riska zdorov'ya v permskom krae [Application of the complex index of health disorders for the assessment of population health in the Perm Krai]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, vol. 15, no. 3–6, pp. 1988–1992.

CALCULATION OF SUPPLEMENTARY MORBIDITY AND MORTALITY THROUGH EVOLUTIONARY MODELING OF PUBLIC HEALTH RISK

D.A. Kiryanov, M.R. Kamaltdinov

FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies",
82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia

The algorithm of population quantitative estimates for additional morbidity and mortality, corresponding to the risk of disorders of the relevant functions of organs and systems of the human body, has been developed based on an evolutionary model. At each stage of the algorithm the necessary data sources, methods of treatment and intermediate results are described in detail, the method takes into account the peculiarities of age distribution of health indicators using Severity Index. Testing of the method is performed on the example of the complex influence of diverse environmental factors on several critical organs and systems. The calculation results show that the additional risk of morbidity and mortality due to diseases of almost all classes and systems increases with age, taking the invalid values in the above working age. In addition, the structure of the additional risks demonstrates overbalance of conditions associated with disorders of blood circulatory system. The results of risk assessment according to the proposed algorithms can serve as a basis for additional studies of environmental factors impacting on health, organization of health prevention and control and monitoring events.

Key words: assessment of additional morbidity and mortality, evolutionary modeling, risk of disorder of functions of organs and systems.

© Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., 2014

Kiryanov Dmitry Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

Kamaltdinov Marat Reshidovich – junior research associate (e-mail: kmr@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

УДК [613.155: 543.26]: 613.95–053.6

РИСК ЗДОРОВЬЮ УЧАЩИХСЯ, ФОРМИРУЕМЫЙ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

А.Н. Ганькин, Т.Д. Гриценко, С.М. Соколов, Т.Н. Пронина

ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены»,
Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 8

Представлены результаты оценки риска здоровью учащихся, выполненной на основе данных диффузионного отбора проб воздуха учебных помещений учреждений общего среднего образования и измерений концентраций загрязняющих веществ в воздушной среде в режиме реального времени. Установлено, что загрязнение воздушной среды учебных помещений характеризуется многокомпонентностью и значительной вариабельностью. Основной вклад в формирование величины суммарного канцерогенного риска в воздухе учебных помещений вносит формальдегид. Суммарный канцерогенный риск при ингаляционном пути поступления бензола, этилбензола и формальдегида выше в воздухе учебных помещений по сравнению с содержанием в атмосферном воздухе в районе расположения учреждений. Коэффициенты опасности при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений составляют от 1,0 и ниже. Комбинированное воздействие химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, в концентрациях, не превышающих предельно допустимых, формирует повышенный риск развития заболеваний органов дыхания (величина индекса опасности до 1,4). Метод диффузионного отбора проб воздуха позволяет проводить оценку качества воздушной среды учебных помещений, служить основой для оценки риска, планировать и оценивать эффективность проведения «адресных» профилактических мероприятий.

Ключевые слова: воздух учебных помещений, диффузионный пробоотбор, оценка риска.

Согласно современным научным данным, одним из факторов, существенно влияющих на здоровье детей, является загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами, вызывающими заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистую патологию, болезни эндокринной системы. По данным Всемирной организации здравоохранения воздушная среда жилых помещений является неблагоприятной для здоровья человека. Это имеет огромное значение, учитывая то, что 70 % своего дневного времени человек проводит в по-

мещениях непромышленного назначения, качество воздушной среды которых колеблется между показателями атмосферного воздуха населенных мест и воздуха рабочей зоны [3, 5]. Исследования последних лет доказывают значимую роль качества внутренней среды помещений учреждений образования в возникновении заболеваний детей и подростков [9, 10]. Учитывая количество потенциальных источников химических поллютантов воздушной среды учебных помещений, качественный состав загрязнения, колебания концентраций пол-

© Ганькин А.Н., Гриценко Т.Д., Соколов С.М., Пронина Т.Н., 2014

Ганькин Александр Николаевич – младший научный сотрудник лаборатории комплексной оценки риска воздействия факторов среды (e-mail: gankinan@gmail.com, тел.: 8 (017) 292-47-00).

Гриценко Татьяна Дмитриевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексной оценки риска воздействия факторов среды (e-mail: gritsenkotd@rambler.ru, тел.: 8 (017) 294-13-79).

Соколов Сергей Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, главный научный сотрудник лаборатории комплексной оценки риска воздействия факторов среды (e-mail: rspch@rspch.by, e-mail: rspch@rspch.by, тел.: 8 (017) 294-13-79).

Пронина Татьяна Николаевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией гигиены детей и подростков (e-mail: pro_tanya@mail.ru, тел.: 8 (017) 292-82-49).

лютантов, а также комбинированный характер их воздействия на организм человека, разработка мер профилактики неблагоприятного ингаляционного воздействия загрязняющих веществ и принятие управленческих решений должны основываться на результатах оценки риска.

Контроль и мониторинг загрязнения воздушной среды помещений, в том числе учебных, требует применения подходящих и современных методов, отражающих непосредственную величину воздействия. Современными и перспективными методами, используемыми при оценке загрязнения атмосферного воздуха, являются методы диффузионного и пассивного отбора проб воздуха [4, 6]. Преимущества диффузионного отбора проб воздуха заключаются в компактном размере пробоотборников, отсутствии необходимости в постоянном электропитании или блоках питания, большом охвате площади помещений, высокой экономической эффективности, бесшумной работе и отсутствии необходимости в подготовке специального персонала. На отбор проб не оказывают влияния пиковые колебания загрязнителей, полученные результаты отражают усредненные концентрации загрязняющих веществ за период пробоотбора.

Цель исследования – выполнить гигиеническую оценку риска здоровью учащихся при комбинированном воздействии химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, на основе данных диффузионного отбора проб воздуха.

Материалы и методы. В исследовании использован кластерный стратифицированный дизайн, отбор проб воздуха выполнен в двадцати учебных помещениях начальной школы пяти учреждений общего среднего образования (далее – УО) г. Минска. Выбор приоритетных веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, основан на международных рекомендациях [1, 2, 7, 8]. Осуществлен отбор проб бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, формальдегида, азота оксида (IV) (диоксид азота), твердых частиц размером до 10 мкм (PM₁₀).

Основой для расчета величин риска развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов послужили данные диффузионного пробоотбора и измерений концентраций загрязняющих веществ в режиме реального времени. В исследовании использованы диффузионные пробоотборные устройства промышленного производства (фирма Radiello®, Италия). В качестве сорбентов применяли активированный уголь – для группы соединений ВТЕХ – бензол, толуол, этилбензол, смесь изомеров ксилолов; 2,4-динитрофенилгидразин – для формальдегида; триэтаноламин – для азота диоксида. Длительность пробоотбора составила четверо суток. Химико-аналитическое исследование проб проводилось в референтной лаборатории методами газовой хромато-масс-спектрометрии и спектрофотометрии.

Измерения PM₁₀ в воздухе учебных помещений УО выполнялись в режиме реального времени при помощи прибора HAZ-DUST EPAM-5000 (производитель SKC Inc., USA), реализующего принцип ближнего рассеивания инфракрасного излучения, для непрерывного определения концентрации твердых частиц в воздухе (мг/м³).

Одновременно с отбором проб воздуха были собраны данные о санитарно-техническом состоянии учебных помещений УО.

Риск здоровью учащихся оценен поэтапно. На первом этапе проведены обобщение и анализ информации о химических загрязнителях воздуха учебных помещений, обладающих канцерогенным эффектом. Далее выполнен расчет индивидуального канцерогенного риска (CR) для бензола, этилбензола и формальдегида и суммарного канцерогенного риска (TCRa) для ингаляционного пути поступления.

Оценка неканцерогенных рисков осуществлена с использованием величин коэффициента опасности (HQ) – при рассмотрении отдельных загрязняющих веществ, а также индекса опасности (IH) – при комбинированном воздействии химических веществ с учетом критических органов (систем), подверженных воздействию исследуемых химических веществ.

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета прикладных программ Statistica (StatSoft Inc., версия 6.0), определяли вид распределения данных (тест Шапиро–Уилка), меру центральной тенденции и разброс (медиана, интерквартильный размах). Для сравнения групп использовали тесты Краскелла–Уолиса (H) и Манна–Уитни (Z). Расчет корреляции выполнен с использованием коэффициента корреляции Спирмена (R). Уровень статистической значимости $<0,05$.

Результаты и их обсуждение. В ходе анализа санитарно-технического состояния УО установлено, что выбранные объекты построены в основном во второй половине XX в., строительными материалами зданий являются кирпич и бетон. Использование типовых архитектурных проектов при строительстве УО обусловило единый вид системы отопления – центральное, а также системы вентиляции – с естественным побуждением (через вентиляционные каналы) и частично механической вентиляцией (в кабинетах химии, физики). Из 20 учебных помещений 11 расположено на 3-м этаже, 7 – на 2-м и 2 – на 1-м. Средняя площадь учебных помещений 61 м^2 , средний объем – 183 м^3 . В 19 классах пол покрыт полимерным материалом (линолеум, таркет), основные отделочные материалы стен – обои и водоэмульсионная краска, в 6 классах на стенах имеются панели из полимерного материала (ПВХ). Последний ремонт (включающий окраску стен, оконных рам, ремонт и замену школьной мебели) в 9 учебных помещениях проведен три года назад, в 7 – один-два года назад и в 4 – один год назад. Мебель эксплуатировалась в 9 учебных помещениях более 10 лет, в 11 – 2–4 года, основной материал мебели – МДФ.

В результате анализа отобранных проб воздуха определено, что концентрации бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, азота диоксида, PM_{10} не превышают установленных гигиенических нормативов (среднесуточную предельно допустимую концентрацию – ПДК_{сс}) содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест и мест массового отдыха населения. Зафиксировано превышение ПДК_{сс}

($12,97 \text{ мкг/м}^3$) формальдегида в воздухе одного учебного помещения (ПДК_{сс} – 12 мкг/м^3). В результате сравнительного и корреляционного анализа полученных значений концентраций поллютантов в воздушной среде учебных помещений и в атмосферном воздухе исследуемые загрязняющие вещества были разделены на две условные группы: контаминанты атмосферного воздуха (азота диоксид, PM_{10} , бензол) и загрязнители, источники эмиссий которых расположены внутри помещений (толуол, этилбензол, ксилолы, формальдегид).

Канцерогенный риск в обследованных учебных помещениях УО от воздействия бензола и этилбензола характеризуется как «приемлемый» ($\text{Risk} < 1\text{E-}06$), от воздействия формальдегида в 19 учебных помещениях – как «допустимый» ($1\text{E-}06 < \text{Risk} < 1\text{E-}04$) и в одном помещении – как «приемлемый» ($\text{Risk} < 1\text{E-}06$). При этом величина CR бензола, этилбензола и формальдегида, а также величина TCR_a значительно различаются при сравнительной оценке между учреждениями образования (табл. 1).

Как видно из табл. 1, наибольшая величина CR от воздействия бензола определена в воздухе учебных помещений УО 2, величина экспозиции к бензолу в котором также превышает значения, полученные в других школах. Наибольшая величина CR от воздействия этилбензола определена в воздухе учебных помещений УО 4, для которого характерны более высокие значения экспозиции к этому химическому контаминанту. Наименьшая величина CR по двум веществам (бензол и этилбензол) установлена в учебных помещениях УО 5, уровни экспозиции к этим веществам в котором также минимальны. Наибольшая величина CR от воздействия формальдегида – в воздухе учебных помещений УО 1, наименьшая – в воздухе учебных помещений УО 3 ($Z = 2,3$ при $p < 0,05$). В то же время максимальное значение TCR_a определено в учебных помещениях УО 1, тогда как минимальное – в УО 3 (различия статистически значимы, $Z = 2,3$ при $p < 0,05$). Основной вклад в формирование величины суммарного канцерогенного риска в воздухе учебных помещений обследованных УО вносит формальдегид.

Таблица 1

Характеристика распределения значений индивидуального канцерогенного риска (CR) от воздействия бензола, этилбензола, формальдегида и величина суммарного канцерогенного риска для ингаляционного пути поступления (TCR_a) в воздухе учебных помещений

Параметры распределения	Величина CR ($\cdot 10^{-6}$)			Величина TCR_a ($\cdot 10^{-6}$)
	бензол	этилбензол	формальдегид	
УО 1				
Медиана	0,498	0,0189	2,205*	2,73*
25-й процентиль	0,462	0,017	2,025	2,512
75-й процентиль	0,5225	0,026	3,085	3,627
УО 2				
Медиана	0,5171	0,0202	2,005	2,564
25-й процентиль	0,5056	0,0202	1,545	2,082
75-й процентиль	0,5356	0,02271	2,735	3,282
УО 3				
Медиана	0,4163	0,018	1,195*	1,631*
25-й процентиль	0,3794	0,018	0,95	1,385
75-й процентиль	0,452	0,01891	1,26	1,7
УО 4				
Медиана	0,3586	0,0391	2,085	2,538
25-й процентиль	0,3286	0,0329	1,77	2,196
75-й процентиль	0,4048	0,0478	2,405	2,793
УО 5				
Медиана	0,2432	0,015	1,8	2,122
25-й процентиль	0,202	0,0114	1,5	1,866
75-й процентиль	0,347	0,0189	2,005	2,219

Примечание: * – значения статистически значимо различаются (при $p < 0,05$).

Величина индивидуального канцерогенного риска (CR) от воздействия бензола, этилбензола и формальдегида в атмосферном воздухе на прилегающей территории различается в зависимости от района размещения учреждения образования. Так, CR от воздействия бензола и этилбензола принимает наибольшее значение в атмосферном воздухе в районе расположения УО 2 (значения CR $6,97E-07$ и $2,77E-08$ соответственно), тогда как наименьшее – в атмосферном воздухе района расположения УО 4 (значения CR $1,7E-07$ и $7,6E-09$ соответственно). Наибольшее значение величина CR формальдегида достигает в атмосферном воздухе района расположения УО 1 ($8,17E-07$), тогда как наименьшего – рядом с УО 3 ($3,37E-07$). При этом суммарный канцерогенный риск при ингаляционном пути поступления комплекса соединений атмосферного воздуха, обладающих канцерогенной активностью, принимает наибольшие значения в районе расположения

УО 3 ($1,4E-06$), тогда как наименьшие – рядом с УО 5 ($6,4E-07$) (табл. 2).

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что индивидуальный канцерогенный риск от воздействия бензола и этилбензола в атмосферном воздухе значимо выше по сравнению с таковым в учебных помещениях в УО 2. При этом, тогда как индивидуальный канцерогенный риск от воздействия бензола и этилбензола значимо выше в воздухе учебных помещений УО 4 по сравнению с атмосферным воздухом. Величина индивидуального канцерогенного риска от воздействия формальдегида во всех исследованных случаях значимо выше в воздухе учебных помещений школ по сравнению с атмосферным воздухом.

Суммарный канцерогенный риск при ингаляционном пути поступления бензола, этилбензола и формальдегида значимо выше в воздухе учебных помещений школ по сравнению с атмосферным воздухом в районе их расположения.

Таблица 2

Значения индивидуального канцерогенного риска (CR) и суммарного канцерогенного риска при ингаляционном пути поступления (TCR_a) от воздействия бензола, этилбензола и формальдегида в воздухе учебных помещений школ и атмосферном воздухе прилегающей территории

Точка отбора проб воздуха	Значения CR						Значения TCR_a	
	Бензол		Этилбензол		Формальдегид		воздух учебных помещений	атмо-сферный воздух
	воздух учебных помещений	атмо-сферный воздух	воздух учебных помещений	атмо-сферный воздух	воздух учебных помещений	атмо-сферный воздух		
УО 1	4,9E-7	5,1E-7	1,9E-8	1,8E-8	2,2E-6*	8,1E-7*	2,7E-6*	1,3E-6*
УО 2	5,2E-7*	6,9E-7*	2,0E-8*	2,8E-8*	2,0E-6*	7,3E-7*	2,6E-6*	1,4E-6*
УО 3	4,2E-7	4,5E-7	1,8E-8	1,8E-8	1,2E-6*	3,3E-7*	1,6E-6*	7,8E-7*
УО 4	3,6E-7*	1,6E-7*	3,9E-8*	7,6E-9*	2,1E-6*	5,7E-7*	2,5E-6*	7,6E-7*
УО 5	2,4E-7	2,2E-7	1,5E-8	1,0E-8	1,8E-6*	4,1E-7*	2,Е-6*	6,4E-7*

Примечание: * – различия между сравниваемыми группами статистически значимы при $p < 0,05$ (тест Манна–Уитни).

В результате расчета и анализа величин коэффициентов опасности при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений УО установлено, что коэффициенты опасности всех исследуемых веществ составляют величины от 1,0 и ниже, то есть уровень риска воздействия оценивается как «приемлемый» (табл. 3).

Расчет индексов опасности комбинированного воздействия комплекса загрязняющих химических веществ воздуха учебных помещений УО выполнен с учетом критических органов и систем организма: органов дыхания, системы кровообращения, системы крови (болезни крови и кроветворных органов), центральной нервной, иммунной систем, зрительного аппарата (глаз и придаточный аппарат глаза), а также эндокринной системы.

При сравнении индексов опасности развития заболеваний органов дыхания при воздействии комплекса загрязняющих веществ воздуха учебных помещений пяти УО статистически значимых различий между величинами индексов опасности не установлено (критерий Краскела–Уолиса $H = 7,44$ при $p = 0,1143$). Однако важным является тот факт, что индекс опасности, классифицированный как «средний», установлен в учебных помещениях трех УО из пяти (восемь учебных помещений) (табл. 4).

Установлены следующие колебания величин индексов опасности: HI развития заболеваний органов дыхания – от 0,69 до 1,4 (медиана 0,95), HI развития заболеваний системы кровообращения – от 0,22 до 0,68 (медиана 0,44), HI развития заболеваний крови, кроветворных органов – от 0,08 до 0,24 (медиана 0,16), HI развития заболеваний нервной системы – от 0,05 до 0,22 (медиана 0,1), HI развития заболеваний иммунной системы – от 0,07 до 0,87 (медиана 0,44), HI развития заболеваний зрительного аппарата (глаз и придаточный аппарат) – от 0,16 до 0,82 (медиана 0,4), HI развития заболеваний эндокринной системы – от 0,05 до 0,32 (медиана 0,12).

В результате сравнительного анализа величин индексов опасности при хроническом ингаляционном воздействии изученных загрязняющих веществ в воздушной среде учебных помещений пяти УО статистически значимые различия установлены для системы кровообращения ($H = 14,96$ при $p = 0,0048$), нервной системы ($H = 9,76$ при $p = 0,0447$), иммунной системы ($H = 11,99$ при $p = 0,0175$), крови и кроветворных органов ($H = 14,6$ при $p = 0,0056$), эндокринной системы ($H = 12,19$ при $p = 0,0160$), зрительного аппарата ($H = 10,92$ при $p = 0,0275$).

Таблица 3

Величины коэффициентов опасности (HQ) при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений УО

Учебное помещение	Величина HQ						
	Бензол	Толуол	Этилбензол	Ксилолы	Формальдегид	Азота диоксид	PM ₁₀
1	0,055	0,01	0,121	0,03	0,82	0,073	0,468
2	0,057	0,01	0,106	0,03	0,47	0,081	0,408
3	0,05	0,01	0,106	0,03	0,45	0,058	0,362
4	0,05	0,012	0,196	0,102	0,40	0,091	0,483
5	0,05	0,01	0,121	0,04	0,63	0,103	0,393
6	0,05	0,011	0,121	0,035	0,32	0,115	0,347
7	0,06	0,012	0,151	0,05	0,51	0,12	0,559
8	0,06	0,011	0,121	0,036	0,33	0,119	0,468
9	0,04	0,02	0,106	0,03	0,26	0,075	0,393
10	0,04	0,013	0,121	0,035	0,24	0,073	0,6
11	0,04	0,011	0,106	0,03	0,16	0,08	0,529
12	0,04	0,013	0,106	0,035	0,26	0,073	0,63
13	0,03	0,016	0,181	0,06	0,53	0,039	0,317
14	0,04	0,024	0,211	0,07	0,34	0,029	0,257
15	0,04	0,03	0,257	0,09	0,47	0,033	0,544
16	0,05	0,03	0,317	0,12	0,40	0,022	0,574
17	0,02	0,01	0,045	0,018	0,42	0,06	0,3
18	0,03	0,02	0,091	0,026	0,29	0,039	0,317
19	0,02	0,01	0,091	0,027	0,42	0,035	0,196
20	0,05	0,13	0,136	0,042	0,34	0,08	0,347

Таблица 4

Значения индексов опасности развития заболеваний (с учетом критических органов и систем организма) в результате комбинированного воздействия загрязняющих веществ в воздухе учебных помещений УО

Учебное помещение	Величина HI						
	Органы дыхания	Система кровообращения	Кровь, кроветворные органы	Нервная система	Иммунная система	Зрительный аппарат (глаз и придаточный аппарат)	Эндокринная система
1	1,4	0,52	0,18	0,1	0,87	0,82	0,12
2	1,01	0,46	0,2	0,1	0,53	0,47	0,11
3	0,91	0,41	0,16	0,09	0,5	0,45	0,11
4	1,09	0,53	0,19	0,16	0,45	0,4	0,2
5	0,83	0,4	0,22	0,1	0,37	0,32	0,12
6	1,18	0,45	0,21	0,1	0,68	0,63	0,12
7	1,09	0,52	0,23	0,1	0,38	0,33	0,12
8	1,25	0,32	0,24	0,12	0,57	0,51	0,15
9	0,78	0,43	0,16	0,09	0,31	0,26	0,11
10	1,01	0,68	0,15	0,09	0,3	0,26	0,12
11	0,81	0,57	0,16	0,09	0,2	0,16	0,11
12	0,96	0,65	0,16	0,09	0,07	0,27	0,11
13	0,81	0,35	0,11	0,11	0,56	0,53	0,18
14	0,69	0,29	0,1	0,13	0,38	0,34	0,21
15	0,69	0,58	0,11	0,16	0,52	0,47	0,26
16	0,93	0,62	0,11	0,2	0,44	0,4	0,32
17	0,96	0,32	0,1	0,05	0,44	0,42	0,05
18	0,73	0,35	0,09	0,07	0,32	0,29	0,09
19	1,15	0,22	0,08	0,06	0,44	0,42	0,09
20	0,83	0,39	0,17	0,22	0,38	0,34	0,14

Также при анализе данных с учетом деления на условные группы загрязняющих веществ (табл. 5) выявлено, что основной вклад в величину индекса опасности развития заболеваний органов дыхания вносят вещества, отнесенные к группе загрязнителей, источники эмиссий которых расположены внутри помещений (растворители и формальдегид): УО 1, УО 4, УО 5, по 53,9; 54,7; 55,8 % соответственно, тогда как в УО 3 и УО 2 – контаминанты, преимущественно поступающие с атмосферным воздухом (по 69 и 52,8 % соответственно).

Согласно данным, представленным в табл. 5, из двух условных групп веществ, загрязняющих воздух учебных помещений исследуемых УО, поступающие преимущественно с атмосферным воздухом формируют до 90 % величины индекса опасности развития заболеваний системы кровообращения. Также доминирующая роль загрязняющих веществ атмосферного воздуха определена в формировании величины индекса опасности развития заболеваний крови и кроветворных органов (до 67 %).

При сравнении значений индексов опасности развития заболеваний органов дыхания, рассчитанных для внутренней среды помещений пяти УО (отдельно для условных групп загрязняющих веществ), установлены статистически значимые различия в величинах индексов опасности при хроническом ингаляционном воздействии веществ, источ-

ником которых является мебель и материалы внутренней отделки помещений (критерий Краскела–Уолиса $H = 11,5$ при $p < 0,05$).

В результате корреляционного анализа установлена положительная статистически значимая связь между величинами индексов опасности развития заболеваний органов дыхания и системы кровообращения и этажом размещения учебного помещения в здании ($R = 0,48$ при $p < 0,05$ и $R = 0,69$ при $p < 0,05$ соответственно), что, вероятнее всего, связано с недостаточной естественной вентиляцией с увеличением этажа помещения.

Выводы. На основании данных диффузионного отбора проб воздуха учебных помещений установлено, что основной вклад в формирование величины суммарного канцерогенного риска в воздухе учебных помещений вносит формальдегид, в то же время суммарный канцерогенный риск для ингаляционного пути поступления бензола, этилбензола и формальдегида значимо выше в воздухе учебных помещений по сравнению с атмосферным воздухом района расположения учреждений. Комбинированное воздействие химических веществ, загрязняющих воздушную среду учебных помещений, в концентрациях, не превышающих установленных предельно допустимых, формирует повышенный риск развития заболеваний органов дыхания. Диффузионный отбор проб воздуха является

Таблица 5

Вклад в формирование величины индекса опасности развития заболеваний органов дыхания, системы кровообращения, крови и кроветворных органов условных групп исследуемых поллютантов (%)

Учреждение образования	Индекс опасности развития заболеваний					
	органов дыхания		системы кровообращения		крови, кроветворных органов	
	соединения группы 1*	соединения группы 2**	соединения группы 1*	соединения группы 2**	соединения группы 1*	соединения группы 2**
УО 1	53,9	46,1	10,9	89,1	40,9	59,1
УО 2	47,2	52,8	11,2	88,8	32,7	67,3
УО 3	31,0	69,0	7,0	93,0	35,12	64,9
УО 4	55,8	44,2	10,1	89,9	35,3	64,7
УО 5	54,7	45,3	8,5	91,5	56,2	43,8

Примечание: * – соединения группы 1 – вещества, источником которых является мебель и материалы внутренней отделки помещений; ** – соединения группы 2 – вещества, преимущественно поступающие с атмосферным воздухом.

доступным методом для контроля качества и мониторинга воздушной среды учебных помещений в длительном временном диапазоне, его результаты могут служить исходными данными для прове-

дения оценки риска здоровью человека от воздействия загрязнения воздуха, планирования «адресных» профилактических мероприятий, а также оценке их эффективности.

Список литературы

1. Инструменты для мониторинга выполнения обязательств Пармской конференции: отчет о совещании 25–26 ноября 2010 г., Бонн, Германия / ВОЗ. – Копенгаген, 2011. – 37 с.
2. Методы мониторинга качества воздуха в школьных помещениях: отчет о совещании 4–5 апреля 2011, Бонн, Германия / ВОЗ. – Копенгаген, 2011. – 30 с.
3. Оценка исследований по изучению длительного воздействия загрязнения воздуха на развитие хронических болезней: отчет о совещании Рабочей группы / ВОЗ. – Бонн, 2002. – 254 с.
4. Поддубный В.А., Юшкетова Н.А. Метод пассивного отбора проб для измерений диоксида азота в атмосферном воздухе // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – № 9. – С. 759–765.
5. Химическое загрязнение воздуха помещений детских учреждений / Н.С. Польша, В.И. Ляшенко, С.Н. Джуриная, Е.С. Шкарбан // Гігієна населених місць. – 2010. – № 56. – С. 278–281.
6. Юшкетова Н.А., Поддубный В.А. Метод пассивного отбора проб для мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха. Ч. 2. Практические аспекты (обзор) // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 3. – С. 15–23.
7. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU: summary on recommendations and management options. – JRC/IHCP/PCE, Ispra, Italy, 2004. – P. 27.
8. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environment and associated health risk / D.A. Sarigiannis, S.P. Karakitsios, A. Gotti, I.L. Liakos, A. Katsoyiannis // Environmental International. – 2011. – Vol. 37 (4). – P. 743–765.
9. Global air quality and climate / A.M. Fiore, V. Naik, D.V. Spracklen, A. Steiner, N. Unger, M. Prather, D. Bergmann, P.J. Cameron-Smith, I. Cionni, W.J. Collins // Chemical Society reviews. – 2012. – Vol. 41. – P. 6663–6683.
10. Kampa M., Castanas E. Human health effects of air pollution // Environmental Pollution. – 2008. – Vol. 151 (2). – P. 362–367.

References

1. Instrumenty dlya monitoringa vypolneniya obyazatel'stv Parmskoi konferentsii: otchet o soveshchanii 25–26 noyabrya 2010 g., Bonn, Germaniya [Tools for monitoring of adherence to the Parma Conference: report of the meeting on 25–26 November 2010, Bonn, Germany]. World Health Organization. Kopenhagen, 2011. 37 p.
2. Metody monitoringa kachestva vozdukha v shkol'nykh pomeshcheniyakh: otchet o soveshchanii 4–5 aprelya 2011, Bonn, Germaniya [Methods for monitoring of air quality in schools: report of the meeting on 4–5 April 2011, Bonn, Germany]. World Health Organization. Kopenhagen, 2011. 30 p.
3. Otsenka issledovaniy po izucheniyu dlitel'nogo vozddeystviya zagryazneniya vozdukha na razvitie khronicheskikh boleznei: otchet o soveshchanii Rabochei gruppy [Evaluation of studies on the long-term effects of air pollution on the development of chronic diseases: report of the Working Group]. World Health Organization. Bonn, 2002. 254 p.
4. Poddubnyi V.A., Yushketova N.A. Metod passivnogo otbora prob dlya izmerenii dioksida azota v atmosfernom vozdukhe [Passive sampling method for the measurement of nitrogen dioxide in the air]. *Optika atmosfery i okeana*, 2013, no. 9, pp. 759–765.
5. Pol'ka N.S., Lyashenko V.I., Dzhurinskaya S.N., Shkarban E.S. Khimicheskoe zagryaznenie vozdukha pomeshchenii detskikh uchrezhdenii [Chemical contamination of indoor air of childcare institutions]. *Gigiena naselenikh mistov*, 2010, no. 56, pp. 278–281.
6. Yushketova N.A., Poddubnyi V.A. Metod passivnogo otbora prob dlya monitoringa khimicheskogo zagryazneniya atmosfernogo vozdukha. Chast' 2. Prakticheskie aspekty (obzor) [Passive sampling method for monitoring chemical air pollution. Part 2. Practical aspects (review)]. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, 2007, no. 3, pp. 15–23.
7. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU: summary on recommendations and management options. JRC/IHCP/PCE, Ispra, Italy, 2004, p. 27.

8. Sarigiannis D.A., Karakitsios S.P., Gotti A., Liakos I.L., Katsoyiannis A. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environment and associated health risk. *Environmental International*, 2011, vol. 37 (4), pp. 743–765.

9. Fiore A.M., Naik V., Spracklen D.V., Steiner A., Unger N., Prather M., Bergmann D., Cameron-Smith P.J., Cionni I., Collins W.J. Global air quality and climate. *Chemical Society reviews*, 2012, Vol. 41, pp. 6663–6683.

10. Kampa, M., Castanas, E. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 2008, vol. 151 (2), pp. 362–367.

HEALTH RISK OF PUPILS FORMED BY CLASSROOMS' AIR POLLUTION

A.N. Gankin, T.D. Gritsenko, S.M. Sokolov, T.N. Pronina

State institution "Republican Scientific Practical Center of Hygiene",
8, Akademicheskaya St., Minsk, 220012, Republic of Belarus

The results of health risk assessment of pupils performed on the basis of the classrooms' diffusion air sampling in the establishments of the general education and measurements of the pollutants' concentrations in the air in real time are presented. It was found that classrooms' air pollution is characterized by multicomponent and significant variability. The major contribution to the value of total cancer risk in the classrooms' air is made by formaldehyde. The total cancer risk by inhalation routes of benzene, ethylbenzene and formaldehyde administration is higher in the classrooms air compared with ambient air. Hazard index ranges from 1.0 and below under chronic inhalation of classrooms' air contaminants. Combined exposure to chemicals polluting the classrooms' air environment, in concentrations not exceeding the established limits, creates an increased risk of respiratory diseases (hazard index value is to 1.4). Diffusion air sampling allows to provide an assessment of classrooms' air quality, to be the basis for risk assessment, plan and evaluate the effectiveness of "targeted" preventive measures.

Key words: classroom air, diffusion sampling, risk assessment.

© Gankin A.N., Gritsenko T.D., Sokolov S.M., Pronina T.N., 2014

Gankin Aleksandr Nikolaevich – junior research associate of the Laboratory of Integrated Risk Assessment of Environmental Factors (e-mail: gankinan@gmail.com, tel.: 8 (017) 292-47-00, fax: 8 (017) 284-03-45).

Gritsenko Tatiana Dmitrievna – CBS, leading research associate of the Laboratory of Integrated Risk Assessment of Environmental Factors (e-mail: gritsenkotd@rambler.ru, tel.: 8 (017) 294-13-79).

Sokolov Sergey Mikhailovich – MD, Professor, Honored Scientist of the Republic of Belarus, chief research associate of the Laboratory of Integrated Risk Assessment of Environmental Factors (e-mail: rspch@rspch.by, tel.: 8 (017) 294-13-79).

Pronina Tatiana Nikolaevna – CM, Head of the Laboratory of Hygiene of Children and Adolescents (e-mail: pro_tanya@mail.ru, tel.: 8 (017) 292-82-49).

УДК 614: 614.3

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ И ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.М. Тулина², Н.Е. Вяльцина¹, Т.М. Макарова¹, Е.Г. Плотникова¹,
А.А. Неплохов², Г.В. Садчикова²

¹ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Оренбургской области, Россия, 460021, г. Оренбург, ул. 60 лет Октября, д. 2/1,

² ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области», Россия, 460000, г. Оренбург, ул. Кирова, д. 48

Проведена гигиеническая оценка содержания загрязнителей в продуктах питания и оценка риска воздействия пищевых продуктов на здоровье населения Оренбургской области. Определены группы продуктов, вносящие наибольший вклад в экспозицию изучаемыми химическими веществами и в развитие канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья населения. Полученные результаты используются для совершенствования государственного санитарно-эпидемиологического надзора и принятия управленческих решений.

Ключевые слова: пищевые продукты, химические загрязнители, риск для здоровья населения.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ № 120 от 30.01.2010 г., одной из основных задач является обеспечение безопасности пищевых продуктов на всех стадиях их производства, хранения, транспортировки, переработки и реализации [1]. Безопасность пищевых продуктов определяется соответствием их требованиям санитарного законодательства, техническим регламентам по санитарно-химической, микробиологической и органолептической составляющим [2].

На базе методических подходов, рекомендованных Федеральной службой в сфере

защиты прав потребителей и благополучия человека [3, 5, 6] проведена гигиеническая оценка содержания химических загрязнителей в продуктах питания и оценка риска их воздействия на здоровье населения Оренбургской области по данным регионального информационного фонда СГМ.

В течение 2012 г. по Оренбургской области было отобрано и исследовано около 3700 проб пищевых продуктов. Для анализа взяты основные группы пищевых продуктов, потребляемых населением, которые исследовались на наличие тяжелых металлов, нитратов, пестицидов, содержание цезия-137, стронция-90 [4].

© Тулина Л.М., Вяльцина Н.Е., Макарова Т.М., Плотникова Е.Г., Неплохов А.А., Садчикова Г.В., 2014

Тулина Лариса Михайловна – кандидат медицинских наук, заведующая отделом социально-гигиенического мониторинга и оценки риска (e-mail: fguz2005@mail.ru; тел. 8 (3532) 77-28-77).

Вяльцина Наталья Ефимовна – руководитель (e-mail: oren-rpn@esoo.ru; тел. 8 (3532) 33-37-98).

Макарова Татьяна Михайловна – кандидат медицинских наук, заместитель руководителя (e-mail: oren-rpn@esoo.ru; тел. 8 (3532) 33-35-34).

Плотникова Елена Георгиевна – начальник отдела социально-гигиенического мониторинга (e-mail: oren-rpn@esoo.ru; тел. 8 (3532) 70-80-70).

Неплохов Андрей Александрович – кандидат медицинских наук, заведующий отделением оценки риска (e-mail: fguz2005@mail.ru; тел. 8 (3532) 77-90-62).

Садчикова Галина Владимировна – врач отдела социально-гигиенического мониторинга и оценки риска (e-mail: fguz2005@mail.ru; тел. 8 (3532) 77-28-77).

Оценивались пищевые продукты как местного производства, так и привозные, а также те продукты, которые были выращены на сельскохозяйственных полях и приусадебных участках Оренбургской области.

Все отобранные пробы продуктов исследованы как в сыром виде (фрукты, овощи, ягоды), так и после кулинарной обработки (картофель, мясо, рыба, молоко, масло, хлебобулочные и макаронные изделия).

На первом этапе исследования был проведен анализ содержания химических загрязнителей в основных группах продуктов, который показал, что превышения допустимых уровней зарегистрированы по содержанию свинца (1,5 ДУ) в молочной продукции Кваркенского района и ДДТ (1,25 ДУ) в муке местного производства Александровского района.

На уровне 1,0 ДУ зарегистрировано содержание афлатоксина в молочной продукции Адамовского, Акбулакского, Кваркенского, Новоорского и Переволоцкого районов, ДДТ в зерновой продукции (мука и крупы) г. Гая и Сорочинского района, в кондитерских изделиях Кваркенского района, кадмия в семенах подсолнечника г. Новотроицка и ГХЦГ в молоке и молочной продукции п. Переволочка и Переволоцкого района.

Среднегодовые концентрации химических веществ во всех группах исследованных продуктов не превышали допустимого уровня (табл. 1).

Содержание нитратов в плодоовощной продукции в 2012 г. в среднем по Оренбургской области также не превышало установ-

ленных гигиенических нормативов (в долях ДУ): арбузы – 0,43, дыни – 0,72, капуста (ранняя) – 0,22, капуста (поздняя) – 0,26, морковь (ранняя) – 0,22, морковь (поздняя) – 0,47, свёкла – 0,51, томаты – 0,32, огурцы (обычные) – 0,5, огурцы (тепличные) – 0,4, лук (репчатый) – 0,54, картофель – 0,35.

На втором этапе исследования проведена оценка экспозиции загрязнителями пищевых продуктов при потреблении населением и выявление основных групп продуктов, вносящих наибольший вклад в суммарную экспозицию.

Для расчета экспозиции использовались медиана и 90-й процентиль содержания загрязнителей в пищевых продуктах и значение среднего потребления пищевых продуктов населением. Отдельно производился расчет экспозиции плодоовощной продукции нитратами, как в целом, так и по отдельным видам продуктов.

Далее на основании расчета экспозиции был проведен расчет вклада в общее значение экспозиции, результаты которого представлены в табл. 2.

При ранжировании изучаемых групп пищевых продуктов установлено, что наибольший вклад в экспозицию свинцом (57 % от общей нагрузки) и кадмием (59 %) вносят хлебобулочные изделия, овощи и бахчевые, мясо и мясопродукты; в экспозицию мышьяком (83,6 %) – хлебобулочные изделия, овощи, бахчевые, рыба и рыбопродукты; в экспозицию ртути (74 %) – рыба, хлебобулочные изделия, овощи и бахчевые; в экспозицию ГХЦГ (90,4 %) – хлебобулочные изделия, овощи и бахчевые,

Таблица 1

Среднегодовые концентрации химических веществ в основных группах продуктов по Оренбургской области за 2012 г. (в долях ДУ)

Химическое вещество	Группа продуктов							
	Мясо и мясопродукты	Молоко	Хлебобулочные продукты	Фрукты и овощи	Напитки	Рыба	Сахар и кондитерские изделия	Масло растительного и животного происхождения
Ртуть	0,025	0,15	0,025	0,02–0,04	0,053	0,5	0,043	0,024
Кадмий	0,081	0,14	0,073	0,1–0,15	0,2	0,042	0,061	0,1
Свинец	0,08	0,28	0,07	0,06–0,07	0,04	0,11	0,08	0,3
Мышьяк	0,09	0,25	0,11	0,03–0,06	0,07	0,01	0,01	0,14
ГХЦГ	0,14	0,13	0,02	0,003–0,005		0,03	0,02	0,009
ДДТ	0,15	0,12	0,23	0,01–0,03		0,03	0,52	0,01
Афлатоксин		0,52	0,13				0,13	0,07

Таблица 2

Ранжирование пищевых продуктов по вкладу в общее значение экспозиции*

Группа продуктов	Загрязнитель						
	Свинец	Кадмий	Мышьяк	ГХЦГ	Афлотоксин	Ртуть	ДДТ
	% (ранг)	% (ранг)	% (ранг)	% (ранг)	% (ранг)	% (ранг)	% (ранг)
Хлебопродукты	23,3 (1)	21,9 (1)	53,6 (1)	47,7 (1)	38,0 (1)	19,0 (2)	26,4 (2)
Мясо и мясные продукты	16,0 (3)	17,7 (3)	10,3	38,5 (2)		7,7	53,1 (1)
Молоко и молочные продукты	2,9	4,5	3,3	1,6	1,3	3,9	1,4
Овощи, бахчевые	17,5 (2)	19,3 (2)	18,3 (2)	4,2 (3)	33,4 (2)	16,7 (3)	8,1 (3)
Картофель	10,8	12,7	9,1	2,8	21,9 (3)	5,5	3,8
Ягоды	14,9	11,3	8,1	2,5		4,9	3,4
Рыба и рыбные продукты	6,1	3,4	11,7 (3)	0,7		38,3 (1)	1,0
Масло растительное и другие жиры	1,5	2,3	1,7	0,5	1,4	1,0	0,7
Сахар и кондитерские изделия	6,8	6,9	5,0	1,5	4,0	3,0	2,1

Примечание: * указаны первые три ранга.

мясо и мясные продукты; в экспозицию ДДТ (87,6 %) – мясо и мясные продукты, хлебопродукты, овощи и бахчевые; в экспозицию афлотоксином (93,3 %) – хлебопродукты, овощи и бахчевые, картофель.

Таким образом, наиболее высокий вклад в экспозицию изучаемыми химическими веществами на территории Оренбургской области вносят следующие группы продуктов:

1) хлебопродукты (до 54 % по мышьяку; до 48 % по ГХЦГ; до 38 % по афлотоксину);

2) овощи и бахчевые (33 % по афлотоксину);

3) мясо и мясные продукты (53 % по ДДТ; 38,5 % по ГХЦГ);

4) рыба и рыбные продукты (38 % по ртути);

5) картофель (до 22 % по афлотоксину).

На следующем этапе проведен расчет коэффициентов опасности от содержания свинца, кадмия, мышьяка, ртути, пестицидов (ГХЦГ, ДДТ) и афлотоксина во всех продуктах, включенных в исследование (табл. 3).

Таблица 3

Экспозиционная нагрузка и коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов от изучаемых химических веществ в продуктах питания

Химическое вещество	Показатель	Оцененная экспозиция (мг/кг/нед.)	Коэффициент опасности (HQ)
Свинец	Медиана	0,00034	0,014
	90-й процент.	0,019	0,765
Кадмий	Медиана	0,00009	0,012
	90-й процент.	0,0014	0,194
Мышьяк	Медиана	0,00031	0,02
	90-й процент.	0,006	0,39
Ртуть	Медиана	0,000007	0,0014
	90-й процент.	0,0005	0,094
ГХЦГ	Медиана	0,00007	0,007
	90-й процент.	0,003	0,624
ДДТ	Медиана	0,0002	0,04
	90-й процент.	0,002	0,452
Афлотоксин	Медиана	0,00009	0,261
	90-й процент.	0,0002	0,673
Нитраты	Медиана	6,716	0,60
	90-й процент.	15,092	1,34
ИТОГО	Медиана	6,72	HI = 0,96
	90-й процент.	15,12	HI = 4,53

Суммарный индекс опасности (*HI*) для условий одновременного поступления нескольких химических веществ пероральным путём с продуктами питания в целом для населения Оренбургской области составил 0,96 по медиане и 4,53 по 90-му перцентилю, что больше уровня неканцерогенного риска, создаваемого питьевой водой на территории Оренбургской области (0,76). Наиболее высокие коэффициенты опасности для населения Оренбургской области получены от воздействия нитратов пищевых продуктов – 1,3 по 90-му перцентилю. Такой уровень содержания нитратов в пищевых продуктах требует усиления контроля за его содержанием в группах продуктов с наибольшим вкладом в экспозицию и проведение углубленной оценки экспозиции на основании данных индивидуальной структуры питания населения.

Оценка неканцерогенного риска с учетом рассчитанных суммарных индексов опасности показала, что наибольший вклад в риск развития неонкологических заболеваний от потребления продуктов питания на территории Оренбургской области вносят нитраты (29,5 %), свинец (16,9 %), афлотоксин (14,8 %) и ГХЦГ (13,8 %) (рис. 1).

Среднегодовое содержание нитратов в плодоовощной продукции составило 55,2 мг/кг по медиане и 227,0 мг/кг – по 90-му перцентилю, что соответствует сред-

ней экспозиции – 0,957 мг/кг/сут. по медиане и 2,150 мг/кг/сут. по 90-му перцентилю для среднестатистического взрослого человека (массой 70 кг).

Значение коэффициента опасности от воздействия нитратов по медиане составляет 0,6, следовательно, углубленная оценка экспозиции не требуется. Коэффициент опасности по 90-му перцентилю составил 1,34, что несколько больше допустимого значения (1,0).

Наибольший вклад в общее значение экспозиции нитратами (90 %) по Оренбургской области в 2012 г. вносили свёкла – 28,3 %, картофель – 20,4 %, огурцы тепличные – 9,8 % и капуста ранняя – 9,5 % (рис. 2).

При анализе суммарных индексов опасности для веществ, действующих на одни и те же органы, наиболее высокие значения индексов опасности (*HI*) установлены для группы веществ, влияющих на гормональную систему (2,52) (табл. 4).

Основной вклад по влиянию на гормональную систему вносят, в первую очередь, свинец (30,7 %) и ГХЦГ (24,7 %).

Второе место по величине *HI* занимает ЦНС (1,87), потенциальной причиной расстройства которой, в основном, является свинец (41,2 %) и ГХЦГ (33,2 %).

На третьем месте по величине *HI* находятся нитраты (77,5 %), оказывающие воздействие на ССС. Токсическое воздействие

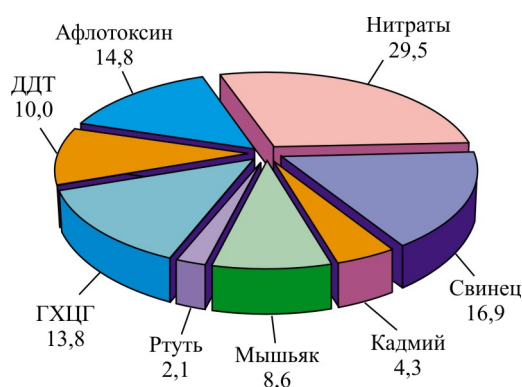


Рис. 1. Структура суммарного неканцерогенного риска (%) от потребления пищевых продуктов на территории Оренбургской области в 2012 г.



Рис. 2. Ранжирование плодоовощной продукции Оренбургской области по вкладу (%) в общее значение экспозиции нитратами в 2012 г.

Таблица 4

Суммарные индексы опасности неканцерогенных эффектов при хроническом воздействии химических веществ пищевых продуктов на отдельные органы и системы

Поражаемые органы и системы	Суммарный индекс опасности (HI)	
	медиана	90-й перцентиль
Гормональная система	0,09	2,52
ЦНС	0,04	1,87
ССС	0,62	1,73
Репродуктивная система	0,02	1,48
Кровь	0,6	1,34
Нервная система	0,03	1,15
Иммунная система	0,03	1,11
Печень	0,04	1,08
Почки	0,02	0,91
Развитие	0,02	0,64
ЖКТ	0,02	0,39

Таблица 5

Риск развития канцерогенных эффектов при потреблении продуктов питания населением Оренбургской области

Канцерогены	SF ₀	Оцененная экспозиция		Индивидуальный риск (вероятность)		Популяционный риск (число случаев)	
		по медиане	по 90-му перцент.	по медиане	по 90-му перцент.	по медиане	по 90-му перцент.
Кадмий	0,38	1,22E-05	0,00019	4,64E-06	7,39E-05	9,4	149,5
Свинец	0,047	4,87E-05	0,0027	2,29E-06	1,28E-04	4,6	260,0
Мышьяк	1,5	4,40E-05	0,00083	6,61E-05	1,25E-03	133,7	2532,0
Суммарный		1,05E-04	0,0038	7,30E-05	1,45E-03	147,7	2941,4

на кровь (образование метгемоглобина), $HI = 1,34$, также обусловлено воздействием нитратов (100 %).

С учетом установленных дозовых нагрузок на население на следующем этапе был проведен расчет канцерогенных рисков от воздействия свинца, кадмия и мышьяка, обнаруженных в продуктах питания. Количественные характеристики индивидуального риска развития рака устанавливались за среднюю продолжительность жизни (70 лет) для взрослого человека (масса 70 кг) и популяционного канцерогенного риска в виде дополнительного (к фоновому уровню заболеваемости) числа случаев злокачественных новообразований в исследуемой популяции (Оренбургская область в целом).

В целом для всего населения области риск развития канцерогенных эффектов от потребления пищевых продуктов находится на уровне выше установленных меж-

дународных ($1,0E-05$) и российских ($1,0E-04$) показателей (табл. 5).

Суммарный канцерогенный риск по медиане соответствует верхней границе приемлемого риска ($7,3E-05$), а по 90-му перцентилю составляет $1,45E-03$ и является неприемлемым для населения в целом. Рассчитанные уровни индивидуального канцерогенного риска при пероральном поступлении мышьяка ($1,25E-03$) и свинца ($1,28E-04$) с продуктами питания также являются неприемлемыми для населения. Наибольший вклад – 86,1 % – в суммарный канцерогенный риск вносит мышьяк, на втором месте – 8,8 % – свинец.

Популяционный канцерогенный риск (дополнительное число случаев рака на 70 лет) от воздействия трех канцерогенов составил 2941,4 случая на все население Оренбургской области (14,4 случая на 10 тыс. населения), в том числе 2532 случая от воз-

действия мышьяка (12,5 на 10 тыс. населения), 260 случаев от воздействия свинца (1,3 на 10 тыс. населения) и 149,5 случая от воздействия кадмия (0,7 на 10 тыс. населения).

В данном исследовании не проводился расчет канцерогенного риска от потребления с продуктами питания афлотоксина и пестицидов (ДДТ, ГХЦГ) в связи с отсутствием в Руководстве по оценке риска факторов канцерогенного потенциала этих соединений.

Полученные результаты гигиенической оценки содержания химических загрязнителей в продуктах питания и оценки риска воздействия пищевых продуктов на здоровье населения используются для совершенствования государственного санитарно-эпидемиологического надзора в отношении хозяйствующих субъектов и их производственного контроля за пищевыми продуктами и пищевым сырьем. Проведена корректировка планов лабораторного контроля в сторону увеличения объема лабораторных исследований в отношении групп пищевых продуктов и пищевого сырья, вносящих наибольший вклад в экспозицию химическими загрязнителями и в уровни канцерогенного и неканцерогенного риска. В рамках соглашения об информационном взаимодействии полученные результаты гигиенической оценки доведены до сведения Управления Россельхознадзора по Оренбургской области, в постоянном режиме проводится информирование данного ведомства обо всех случаях превышений допустимой концентрации химических веществ в растениеводческой продукции и продукции животноводства для принятия соответствующих управленческих решений.

Выводы:

1. Среднегодовые концентрации тяжелых металлов (ртуть, кадмий, свинец, мышьяк), пестицидов (ДДТ, ГХЦГ), афлотоксина и нитратов в плодоовощной продукции не превышали установленных гигиенических нормативов. Превышения среднегодовых концентраций зарегистрированы по содержанию свинца (1,5 ДУ)

в молочной продукции Кваркенского района и содержанию ДДТ (1,25 ДУ) в муке местного производства Александровского района. Содержание стронция-90 и цезия-137 во всех группах продуктов не превышало установленных гигиенических нормативов.

2. На территории Оренбургской области наибольший вклад в экспозицию тяжелыми металлами – свинец, кадмий, мышьяк – вносят хлебопродукты, ртутью – рыба и рыбопродукты, афлотоксином – овощи, бахчевые и картофель, пестицидами – мясо и мясопродукты, хлебопродукты.

3. Суммарный неканцерогенный риск от воздействия химических соединений пищевых продуктов для здоровья населения Оренбургской области составил 0,96 по медиане и 4,53 по 90-му перцентилю, что в 1,3 и 6 раз больше, чем суммарный неканцерогенный риск от воздействия питьевой воды (0,76). При этом коэффициенты опасности, превышающие допустимый уровень ($HI > 1$), установлены для нитратов пищевых продуктов – 1,3.

4. Наибольший вклад в риск развития неонкологических заболеваний от потребления продуктов питания на территории Оренбургской области вносят нитраты (29,5 %), свинец (16,9 %), афлотоксин (14,8 %) и ГХЦГ (13,8 %).

5. Наиболее высокие суммарные значения индексов опасности установлены для группы веществ, влияющих на гормональную систему (2,52), ЦНС (1,87), сердечно-сосудистую (1,48), репродуктивную систему (1,48), кровь (1,34) и нервную (1,15) систему.

6. Суммарный канцерогенный риск от потребления пищевых продуктов на уровне медианы составил $7,3E-05$ и соответствует верхней границе приемлемого риска, а по 90-му перцентилю – $1,45E-03$ – является неприемлемым для населения в целом. Наибольший вклад в суммарный канцерогенный риск вносит мышьяк (86,1 %), затем свинец (8,8 %).

7. Популяционный канцерогенный риск от воздействия трех канцерогенов составил

2914,4 случая на все население Оренбургской области, в том числе 2532 случая от воздействия мышьяка, 260 – от воздействия свинца и 149,5 – от воздействия кадмия, содержащихся в пищевых продуктах.

8. Полученные результаты проведенной гигиенической оценки содержания загрязнителей в продуктах питания и оценка риска воздействия пищевых продуктов на здоровье населения используются для совершенствования государственного санитарно-эпидемиологического надзора в отношении хозяйствующих субъектов и их производственного контроля за пищевыми продуктами и пищевым сырьем, а также для принятия управленческих решений.

Список сокращений:

ФС – Федеральная служба;
ФБУЗ – Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения;
СГМ – социально-гигиенический мониторинг;
ФИФ – Федеральный информационный фонд;
ДУ – допустимый уровень;
ДДТ – дихлордифенилтрихлорметан;
ГХЦГ – гексахлорциклогексан;
ЦНС – центральная нервная система;
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;
ССС – сердечно-сосудистая система.

Список литературы

1. ГН 1.2.2701-10. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень), Консультант Плюс.
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ № 120 от 30.01.2010). – URL: <http://www.rg.ru/2010/02/03/prod-dok.html> (дата обращения: 19.01.2014).
3. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – 2-е изд., испр. – М., 2010. – 707 с.
4. МУ 2.3.7.2519-09. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических загрязнителей пищевых продуктов на население, Консультант Плюс.
5. МУ 2.3.7.2125-06. Социально-гигиенический мониторинг. Контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов химическими веществами. Сбор, обработка и анализ показателей, Консультант Плюс.
6. Р.2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М., 2004. – 143 с.

References

1. Gigenicheskie normativy (GN 1.2.2701-10) soderzhaniya pestitsidov v ob"ektakh okruzhayushchey sredy (perechen') [Hygienic Standards (GN 1.2.2701-10) of the content of pesticides in the environment (list)].
2. Doktrina prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii. Utverzhdeno ukazom Prezidenta RF ot 30.01.2010 № 120 [Food Security Doctrine of the Russian Federation. The decree of the President of the Russian Federation of 30.01.2010 No. 120]. Available at: URL: <http://www.rg.ru/2010/02/03/prod-dok.html>.
3. Edinye sanitarno-epidemiologicheskie i gigenicheskie trebovaniya k tovaram, podlezhashchim sanitarno-epidemiologicheskomu nadzoru (kontrolyu) [Uniform sanitary and epidemiological and hygienic requirements for goods subject to sanitary and epidemiological supervision (control)]. 2-e izdanie, ispravlennoe. Moscow, 2010: Federal'nyy tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora. 707 p.
4. Metodicheskie ukazaniya (MU 2.3.7.2519-09) Opredelenie ekspozitsii i otsenka riska vozdeystviya khimicheskikh kontaminantov pishchevykh produktov na naselenie [Methodical instructions (MU 2.3.7.2519-09). Determination of exposure and risk assessment of chemical contaminants of food on the population].
5. Metodicheskie ukazaniya (MU 2.3.7.2125-06) Sotsial'no-gigenicheskiy monitoring. Kontaminatsiya prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov khimicheskimi veshchestvami. Sbor, obrabotka i analiz pokazateley [Methodical instructions (MU 2.3.7.2125-06) Socio-hygienic monitoring. Contamination of food raw materials and food chemicals. Collection, processing and analysis of indicators].
6. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu R.2.1.10.1920-04 [Risk assessment guidance for health from exposure to chemicals polluting the environment R.2.1.10.1920 -04]. Moscow, 2004. 143 p.

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE CONTENTS CHEMICAL CONTAMINANTS IN FOOD AND THE RISK ASSESSMENT OF INFLUENCE OF FOOD PRODUCTS ON THE HEALTH OF THE POPULATION OF THE ORENBURG REGION

L.M. Tulina², N.E. Vyaltina¹, T.M. Makarova¹, E.G. Plotnikova¹,
A.A. Neplokhov², G.V. Sadchikova²

¹ Orenburg Region Department of the Federal Service on Consumer Rights
Protection and Human Well-Being Surveillance,
2/1, 60 years of October St., Orenburg, 460021, Russia,

² Federal Budget Healthcare Institution
"Orenburg Region Center for Hygiene and Epidemiology",
48, Kirova St., Orenburg, 460000, Russia

The hygienic assessment of the maintenance of contaminants in food and the risk assessment of influence of food products on health of the population of the Orenburg Region has been carried out. Groups of products making the greatest contribution to the exposition to the studied chemicals and to the development of cancerogenic and non cancerogenic risk for the population health have been defined. The received results are used for the improvement of the state sanitary and epidemiologic supervision and taking administrative decisions.

Key words: food products, chemical contaminants, risk for the population health.

© Tulina L.M., Vyaltina N.E., Makarova T.M., Plotnikova E.G., Neplokhov A.A., Sadchikova G.V., 2014

Tulina Larisa Mikhailovna – CM, Head of Department of Public Health Monitoring and Risk Assessment (e-mail: fguz2005@mail.ru; tel. 8 (3532) 77-28-77).

Vyaltina Natalia Efimovna – Head of Orenburg Region Department of the Federal Service on Consumer Rights Protection and Human Well-Being Surveillance (e-mail: oren-rpn@esoo.ru; tel.8 (3532) 33-37-98).

Makarova Tatiana Mikhailovna – CM, Deputy Head of Orenburg Region Department of the Federal Service on Consumer Rights Protection and Human Well-Being Surveillance (e-mail: oren-rpn@esoo.ru; tel.8 (3532) 33-35-34).

Plotnikova Elena Georgievna – Head of Department of Social and Health monitoring of Orenburg Region Department of the Federal Service on Consumer Rights Protection and Human Well-Being Surveillance (e-mail: oren-rpn@esoo.ru; tel. 8 (3532) 70-80-70).

Neplokhov Andrey Aleksandrovich – CM, Head of Department of Risk Assessment (e-mail: fguz2005@mail.ru; tel. 8 (3532) 77-90-62).

Sadchikova Galina Vladimirovna – doctor of Department of Public Health Monitoring and Risk Assessment (e-mail: fguz2005@mail.ru; tel. 8 (3532) 77-28-77).

УДК 613.294: 614.31: 579.67 (470.43)

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ КОНТАМИНАНТАМИ (Г.О.* САМАРА, Г.О. ТОЛЬЯТТИ)

Н.М. Цунина, Л.В. Аюпова

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Самарской области,
Россия, 443079, г. Самара, ул. Митирева, д. 1

Внедрение в социально-гигиенический мониторинг методологии оценки риска от неблагоприятного воздействия на здоровье населения контаминации продуктов питания химическими веществами проводилось по предназначенным для практического применения в Роспотребнадзоре методическим документам, позволяющим выбрать систему формул, необходимую для проведения исследований, построенных в следующей последовательности: динамика количества предоставленных в федеральный информационный фонд социально-гигиенического мониторинга исследований за многолетний период времени, выборка продуктов питания и контаминантов в зависимости от объема информационных данных, расчет медианы и 90-го перцентиля, экспозиции контаминантов в продуктах, процентное распределение вклада групп продуктов в экспозицию, риск развития канцерогенных и неканцерогенных эффектов.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг, контаминация продуктов питания, оценка риска здоровью.

В системе социально-гигиенического мониторинга (СГМ) Управления Роспотребнадзора по Самарской области (далее Управления) проводится работа по изучению вопроса обеспечения безопасности продуктов питания и продовольственного сырья, анализу регламентируемых показателей по проведенным лабораторным исследованиям. Ведение СГМ в области развития гигиенической диагностики предусматривает оценку риска здоровью населения. По разделу «Контаминация продуктов питания химическими веществами» проводились оценка экспозиции (количественное определение уровня контакта с химическим реагентом за период времени) концентраций химических веществ; расчеты, оценка канцерогенных, неканцерогенных рисков – вероятности причинения вреда здоровью [2, 3, 5].

Чужеродные вещества могут оказывать на организм неблагоприятное воздействие,

провоцировать возникновение заболеваний. В ряде случаев вредные вещества способны накапливаться в организме (кумулировать) при хроническом поступлении с пищевыми продуктами.

Изучаемые контаминанты являются чужеродными химическими веществами, примесями, которые попадают в продукты питания в результате нарушения агротехники выращивания овощей и фруктов, хранения, транспортировки и по другим причинам.

Из общего количества исследований, проводимых с 2006 по 2013 г. на каждой из территорий, наибольшее количество лабораторных исследований проводилось: по г.о. Самара в 2007 г. – 29 % и в 2011 г. – 21 %; по г.о. Тольятти – в 2007 г. – 29 % и в 2008 г. – 20 % (табл. 1).

В 2013 г. по г.о. Самара была рассмотрена информация по 9925 исследованиям контаминации продуктов питания химичес-

© Цунина Н.М., Аюпова Л.В., 2014

Цунина Наталья Михайловна – заместитель начальника отдела социально-гигиенического мониторинга (e-mail: sancntr@fsnsamara.ru; тел.: 8 (846) 260-38-23).

Аюпова Луиза Венеровна – специалист 1-го разряда отдела социально-гигиенического мониторинга, клинический ординатор (e-mail: sancntr@fsnsamara.ru; тел.: 8 (846) 260-38-23).

*Г.О. – городской округ

Таблица 1

Количество предоставленных в ФИФ¹ исследований по контаминации продуктов питания химическими веществами с 2006 по 2013 г.

Территория	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Самарская область	3535	15714	8203	5970	5861	9398	7034	6409
Г.о. Самара	1555	8814	3198	1497	2693	6446	3662	2734
Г.о. Тольятти	233	2764	1857	1118	866	869	687	1042

Таблица 2

Общие сведения о химических контаминантах в продуктах питания (по Р 2.1.10.1920-04), имеющих в РИФ² за 2010–2012 гг.

CAS	Вещество	RfD, гм/кг (референтная доза, концентрация)*	SFO** (фактор наклона)	МАИР	ЕРА
				Группа канцерогенности	Группа канцерогенности
50-32-8	Бензо(а)пирен*	0,0005	7,3	2А	В2
1336-36-3	Полихлорированные бифенилы	Нет	0,4	2А	В2
118-74-1	Гексахлорбензол	0,00017	1,6	2В	В2
7440-02-0	Никель	0,02	Нет	2В	А
7440-47-3	Хром	0,005	Нет	3	А
50-29-3	ДДТ	0,0005	0,34	2В	В2
7440-38-2	Мышьяк	0,0003	1,5	1	А
7440-43-9	Кадмий	0,0005	0,38	1	В1
7439-92-1	Свинец	0,0035	0,047	2А	В2
7439-97-6	Ртуть	0,0003	Нет	Нет	Нет
14797-55-8	Нитраты	1,6	Нет	Нет	Нет

Примечание: серым цветом выделены канцерогены.

* – референтный уровень воздействия (доза или концентрация) химического вещества, не оказывающая вредного воздействия на здоровье даже в случае пожизненного контакта (устанавливается на основе определения максимальной дозы, при которой эффект не обнаруживается, и минимальной дозы, дающей исследуемый биологический эффект).

** – фактор наклона является фактором канцерогенного потенциала, отражающим степень увеличения канцерогенного риска при возрастании воздействующей дозы.

*** – классификация канцерогенов (МАИР): 1 – известные канцерогены для человека; 2А – вероятные канцерогены; 2В – возможные канцерогены; 3 – агенты, не классифицируемые по канцерогенной способности; 4 – агенты, вероятно не канцерогенные для человека.

кими веществами за период с 2010 по 2012 г. Отношение нулевых значений в выборке за каждый год из трех не превысило 60 %, составив в среднем 6,1 %.

Фактически по среднему количеству исследований (наличию объема информации) в первую очередь оказались приоритетными для изучения молоко и молочные продукты, масло растительное и другие жиры, мясо и мясные продукты (100–75 %), а затем в по-

рядке убывания по ранжированию – сахар и кондитерские изделия, рыба и рыбные продукты, овощи и бахчевые, хлеб и хлебные продукты, картофель, фрукты и ягоды. Фактическое количество имеющихся данных не противоречило рекомендуемым объемам (рекомендуемому количеству исследуемых проб).

В табл. 2 приведены общие сведения о химических контаминантах в продуктах питания.

В процессе предварительного анализа из исследований были исключены такие контаминанты, как афлотоксин, патулин, бенз(а)пирен, Т-2-токсин, дезоксинилваленол,

¹ Федеральный информационный фонд.

² Региональный информационный фонд.

гексахлорбензол, зеараленон, 2,4-Д-аминная соль, 2,4Д-бутиловый эфир, 2,4Д-кротиловый эфир, железо – по той причине, что сведения о них были в основном только за один год (2010) из изучаемого 3-летнего периода, за 2012 г. и 2011 г. исследования на эти контантинанты не зафиксированы или были единичными, к тому же не включенными по приоритетности в выбранные наименования продуктов.

По среднему количеству исследований (наличию объема информации) в первую очередь были приоритетны для изучения молоко и молочные продукты, масло растительное и другие жиры, мясо и мясные продукты (100–75 %), а затем в порядке убывания по ранжированию – сахар и кондитерские изделия, рыба и рыбные продукты, овощи и бахчевые, хлеб и хлебные продукты, картофель, фрукты и ягоды. Сформированные таблицы [4] включали наименования групп продуктов, потребление пищевых продуктов в кг/год на человека, рекомендуемое и фактическое общее и за каждый год их трех лет количество проб, исследований, их среднее количество за изучаемый период и ранговое распределение в соответствии с Рекомендациями по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания (утв. приказом № 593н от 2 августа 2010 г. Министерства здравоохранения и социального развития РФ).

Фактическое количество имеющихся данных не противоречило рекомендуемым объемам (рекомендуемому количеству исследуемых проб).

В 2012 г., по сравнению с 2010–2011 гг., отмечалось увеличение средних концентраций: в хлебе и хлебных продуктах – свинца, ртути, ДДТ; в овощах и бахчевых – ртути и мышьяка; в мясе и мясных изделиях – свинца, ртути, ДДТ; в молоке и молочных продуктах – мышьяка; в рыбе и рыбных продуктах – ртути; в сахаре и кондитерских изделиях – ртути; в масле растительном и других жирах – свинца, ДДТ (табл. 3).

Приведенные расчеты по кратности превышения к ПДУ среднего содержания приоритетных химических контантинант в основных продуктах питания по г.о. Самара за 2010–2012 гг. показали, что свинец обнаруживался в 100 % лабораторных исследований, превышений по отношению к ПДУ не отмечалось; кадмий – в 85 % лабораторных исследований, более ПДУ в 1,028 раза отмечалось в овощах и бахчевых; ртуть – в 97 % лабораторных исследований, превышений по отношению к ПДУ не отмечалось; мышьяк – в 100 % лабораторных исследований, превышений по отношению к ПДУ не отмечалось; ДДТ – в 98 % лабораторных исследований, более ПДУ в 1,13 раза отмечалось в хлебе и хлебных продуктах.

Для расчетов экспозиции использованы медиана содержания контантинантов в пищевых продуктах и 90-й процентиль (2010–2012 гг.), что приведено в табл. 4, а также даны результаты расчета экспозиции контантинантами пищевых продуктов (табл. 5). Расчеты экспозиции, вклада каждой из групп продуктов в общее значение экспозиции проводилось по формулам (1) и (2).

Таблица 3

Увеличение (+) содержания химических контантинантов в основных группах продуктов питания по г.о. Самара в 2012 г. по сравнению с 2010–2011 г.

Группа продуктов	Свинец	Ртуть	Кадмий	Мышьяк	ДДТ
Хлеб и хлебные продукты	+	+	–	–	+
Картофель	–	–	–	–	–
Овощи и бахчевые	–	+	–	+	–
Фрукты и ягоды	–	–	–	–	–
Мясо и мясные продукты	+	+	–	–	+
Молоко и молочные продукты	–	–	–	+	–
Рыба и рыбные продукты	–	+	–	–	–
Сахар и кондитерские изделия	–	+	–	–	+
Масло растительное и другие жиры	+	–	–	–	+

Таблица 4

Уровни содержания токсических элементов в основных продуктах питания, потребляемых населением г.о. Самара (2010–2012 гг.), мг/кг

Наименование группы продуктов	Свинец		Ртуть		Кадмий		Мышьяк		ДДТ	
	Медиа-на	90-й процен- тиль	Медиа-на	90-й процен- тиль	Медиа-на	90-й процен- тиль	Медиа-на	90-й процен- тиль	Медиа-на	90-й процен- тиль
Хлеб и хлебные продукты	0,1	0,1	0,0034	0,005	0,02	0,02	0,008	0,008	0,0113	0,012
Картофель	0,0334	0,045	0,0072	0,01	0,0118	0,0145	0,025	0,025	0,0061	0,0075
Овощи и бахчевые	0,0511	0,061	0,0039	0,0062	0,0305	0,0407	0,0175	0,0194	0,0053	0,0065
Фрукты и ягоды	0,0087	0,0087	0,0021	0,004	0,01	0,01	0,025	0,025	0,005	0,005
Мясо и мясные продукты	0,0841	0,1817	0,0464	0,0088	0,1222	0,025	0,2616	0,0253	0,0311	0,0123
Молоко и молочные продукты	0,08	0,08	0,0166	0,0126	0,0138	0,0239	0,0182	0,0313	0,005	0,005
Рыба и рыбные продукты	0,1254	0,17	0,02	0,0227	0,01	0,01	0,0244	0,0256	0,005	0,0055
Сахар и кондитерские изделия	0,0393	0,0835	0,0036	0,0057	0,0075	0,01	0,0225	0,025	0,0042	0,0052
Масло растительное и другие жиры	0,0291	0,0633	0,0037	0,0043	0,01	0,01	0,0173	0,0244	0,005	0,005

Таблица 5

Данные расчета экспозиции контаминантами пищевых продуктов, мг/кг массы тела/неделя

Вещество	Расчет экспозиции на основании	
	медианы	90-го процентиля
Свинец	0,01368	0,01697
Ртуть	0,00088	0,00194
Кадмий	0,00376	0,00669
Мышьяк	0,00376	0,00669
ДДТ	0,00098	0,00123

Экспозиция контаминантами пищевых продуктов на население рассчитывалась по формуле

$$E_{\text{xp}} = \frac{\sum_{i=1}^N (C_i \cdot M_i)}{BW}, \quad (1)$$

где E_{xp} – значение экспозиции контаминантом, мг/кг массы тела/сут. (мг/кг массы тела/неделя, мг/кг массы тела); C – содержание контаминанта в i -м продукте, мг/кг; M_i – потребление i -го продукта, кг/сут. (кг/нед., кг/год); BW – масса тела человека, кг (стандартное значение – 70 кг); N – общее количество продуктов, включенных в исследование.

Вклад продукта в общее значение экспозиции контаминантом рассчитывался по формуле

$$C_{\text{ontr}} = \frac{C_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^N (C_i \cdot M_i)}, \quad (2)$$

где C_{ontr} – вклад i -го продукта в общее значение экспозиции; C_i – содержание контаминанта в i -м продукте, мг/кг; M_i – потребление i -го продукта, кг/сут. (кг/нед., кг/год).

Далее были проведены расчеты с целью получения результатов процентного распределения вклада групп продуктов в экспозицию (табл. 6) и ранжирования групп пище-

Таблица 6

Вклад групп продуктов в экспозицию контаминантов и объемы поступления

Наименование группы продуктов	Свинец		Ртуть		Кадмий		Мышьяк		ДДТ	
	вклад, %	поступает в организм, мг/кг	вклад, %	поступает в организм, мг/кг	вклад, %	поступает в организм, мг/кг	вклад, %	поступает в организм, мг/кг	вклад, %	поступает в организм, мг/кг
Хлеб и хлеб- ные продукты	22	10,6300	11	0,3585	18	2,1260	6	0,8504	19	1,2031
Картофель	4	2,2000	15	0,4745	6	0,7798	12	1,6475	7	0,4044
Овощи и бах- чевые	10	4,8400	12	0,3705	25	2,8882	12	1,6568	8	0,5016
Фрукты и яго- ды	1	0,5800	5	0,1411	6	0,6720	13	1,6800	5	0,3360
Мясо и мяс- ные продукты	13	6,2900	16	3,4690	10	1,1295	12	1,5772	36	2,2440
Молоко и мо- лочные про- дукты	41	20,1600	23	3,6514	30	3,4691	34	4,5781	20	1,2600
Рыба и рыб- ные продукты	5	2,5300	13	0,4048	2	0,2070	4	0,4924	2	0,1006
Сахар и кон- дитерские из- делия	3	1,3100	4	0,1192	2	0,2505	6	0,7515	2	0,1388
Масло расти- тельное и дру- гие жиры	1	0,3100	1	0,0393	1	0,1070	1	0,1856	1	0,0535

вых продуктов по вкладу в общее значение экспозиции путем расположения групп продуктов в порядке убывания величины вклада.

Согласно проведенным расчетам, группы продукты с наибольшим вкладом в экспозицию контаминантов – молоко и молочные продукты, овощи и бахчевые, мясо и мясные продукты.

Результаты расчетов коэффициентов опасности пищевых продуктов, выражающих отношение оцененной дозы контаминантов к допустимой (риск развития неканцерогенных эффектов), показал, что по содержанию: свинца $HQ_{med} = 0,5473$ и $HQ_{90\%} = 0,6789$; по содержанию ртути $HQ_{med} = 0,6007$ и $HQ_{90\%} = 0,0614$; по содержанию кадмия $HQ_{med} = 0,4653$ и $HQ_{90\%} = 0,6467$; по содержанию мышьяка $HQ_{med} = 0,2506$ и $HQ_{90\%} = 0,4457$; по содержанию ДДТ $HQ_{med} = 1,9733$ и $HQ_{90\%} = 2,4619$.

На уровнях медианы и 90-го процентиля содержание свинца, ртути, кадмия, мышьяка не превышало единицы, такое воз-

действие на организм характеризовалось как допустимое; по ДДТ показатели выше единицы, значит, по ДДТ требовалась дополнительная, углубленная, оценка экспозиции.

В результате углубленного изучения содержания ДДТ в продуктах питания выяснилось: наибольший вклад в экспозицию данного контаминанта по медиане его содержания вносят хлеб, булочные изделия – 85 %; молоко цельное – 2 %; картофель – 4 %; лук, капуста, морковь, свекла, мясо, крупа, зерно, мука пшеничная, сахар, фрукты, ягоды – по 1 %; по 90-му процентилю содержания ДДТ наибольший вклад вносят рыбные консервы – 18 % (все остальные продукты по 4 %).

Мышьяк относится к химическим веществам, канцерогенность которых для человека доказана при любом пути поступления в организм¹.

¹ СанПиН 1.2.2353-08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности».

Таблица 7

Неканцерогенный риск в связи с пищевой экспозицией к мышьяку (все население)

Группа пищевых продуктов	Оцененная средняя экспозиция, мг/кг/сут.	Коэффициент опасности (<i>HQ</i>)
Хлеб и хлебные продукты	0,000022	0,001
Картофель	0,000068	0,004
Овощи и бахчевые	0,000048	0,003
Мясо и мясные продукты	0,000058	0,004
Молоко и молочные продукты	0,000050	0,003
Рыба и рыбные продукты	0,000067	0,004
Сахар и кондитерские изделия	0,000062	0,004
Масло растительное и другие жиры	0,000048	0,003
Фрукты и ягоды	0,000068	0,005

Таблица 8

Канцерогенный риск в связи с пищевой экспозицией к мышьяку (все население)

Поражаемые органы	Фактор наклона, (мг/кг/сут.) ⁻¹	Индивидуальный риск (вероятность)	Популяционный риск (число случаев)
Печень	1	2,4E-04	280
Легкие	2,5	6,0E-04	702
Мочевой пузырь	2,5	6,0E-04	702
Почки	0,86	2,0E-04	241
Кожа	1,5	3,6E-04	421
По раку всех локализаций	—	20,0E-03	2348

В табл. 7 и 8 представлены результаты оценки риска неканцерогенных и канцерогенных эффектов от доз мышьяка, получаемых перорально.

Мышьяк, свинец и кадмий обладают кумулятивными свойствами, являются приоритетными загрязнителями пищевых продуктов. Пропорционально увеличению суммарного вклада указанных контаминантов в экспозицию возрастают их коэффициент опасности и риск воздействия на органы и системы организма человека [1].

Оценка канцерогенных рисков при пероральной экспозиции мышьяка указывает на средний уровень риска, вероятность развития злокачественных новообразований за всю предстоящую жизнь популяции всего населения.

Ожидаемое количество случаев возникновения злокачественных новообразований за всю предстоящую жизнь рассмотренной популяции с указанной численностью при неизменном уровне экспозиции и численность экспонированной популяции

составит 20 случаев на 10 000 всего населения в г.о. Самара.

Обработка баз данных по контаминации продуктов питания в г.о. Тольятти проводилась в 2012 г. по данным лабораторных исследований за 2006–2011 гг. Результаты исследований информационного материала по г.о. Тольятти показали, что за пять изучаемых лет в молоке, пахте, сыворотке молочной, жидких кисломолочных продуктах (1483 исследования) регистрировалось наличие металлов (мышьяк, свинец, кадмий, ртуть – в 97 %) ниже допустимых уровней, что соответствовало гигиеническим нормативам.

Известно, что молоко является универсальным, незаменимым продуктом питания для детей и взрослых, в нем в сбалансированном состоянии содержатся все необходимые микроэлементы. Молоко часто применяется для работников с целью профилактики профессиональных вредностей в лечебно-профилактическом питании. Кроме того, молоко повышает общие

функциональные способности организма, смягчает действие радиоактивных и многих токсических веществ при производстве. Однако при работах, связанных с воздействием неорганических соединений (свинца, к примеру), рекомендуется вместо молока выдавать кисломолочные продукты (кефир, простокваша, бифидок и другие), пектин (содержится в цитрусовых,

яблоках, редисе, свекле и др. фруктах и овощах), эти продукты незаменимы для жителей промышленных городов, так как способствуют очищению организма от вредных веществ, поступающих в организм из окружающей среды (способствуют уменьшению всасываемости токсических веществ и быстрейшему выведению их из организма).

Список литературы

1. Гигиеническая оценка содержания контаминантов в продуктах питания по данным социально-гигиенического мониторинга / Л.В. Кислицина, Д.С. Жигаев, В.Ю. Ананьев, П.Ф. Кику // Актуальные направления развития социально-гигиенического мониторинга и анализа риска здоровью: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. академика РАМН Г.Г. Онищенко, академика РАМН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Книжный формат, 2013. – С. 187–194.
2. МУ 2.3.7.2519–09. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 27 с.
3. МУ 2.3.7.2125–06. Социально-гигиенический мониторинг. Контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов химическими веществами. Сбор, обработка и анализ показателей. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 10 с.
4. О применении санитарных мер в Таможенном союзе. Единый перечень товаров, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и таможенной территории таможенного союза // Евразийское экономическое сообщество. Комиссия таможенного союза. Решение № 299 от 28 мая 2010 г. – 2010. – С. 59–342.
5. 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.

References

1. Kislitsina L.V., Zhigaev D.S., Anan'ev V.Yu., Kiku P.F. Gigenicheskaya otsenka soderzhaniya kontaminantov v produktakh pitaniya po dannym sotsial'no-gigenicheskogo monitoringa [Hygienic evaluation of the content of contaminants in food products according to public health monitoring]. *Aktual'nye napravleniya razvitiya sotsial'no-gigenicheskogo monitoringa i analiza riska zdorov'yu: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ed. akademik RAMN G.G. Onishchenko, akademik RAMN N.V. Zaytseva. Perm': Knizhnyy format, 2013, pp. 187–194.
2. Opredelenie ekspozitsii i otsenka riska vozdeystviya khimicheskikh kontaminantov pishchevykh produktov na naselenie. Metodicheskie ukazaniya (MU 2.3.7.2519-09) [Determination of exposure and risk assessment of exposure to chemical contaminants in food for the population. Methodical instructions (MU 2.3.7.2519-09)]. Moscow: Federal'nyy tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2010. 27 p.
3. Sotsial'no-gigenicheskii monitoring. Kontaminatsiya prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov khimicheskimi veshchestvami. Sbor, obrabotka i analiz pokazateley (MU 2.3.7.2125-06) [Socio-hygienic monitoring. Contamination of food raw materials and food chemicals. Collection, processing and analysis of indicators (MU 2.3.7.2125-06)]. Moscow: Federal'nyy tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora. 10 p.
4. O primeneniі sanitarnykh mer v Tamozhennom soyuze. Edinyy perechen' tovarov, podlezhashchikh sanitarno-epidemiologicheskomu nadzoru (kontrolyu) na tamozhennoy granitse i tamozhennoy territorii tamozhennogo soyuza [On the application of sanitary measures in the Customs Union. Single list of goods subject to sanitary and epidemiological supervision (control) at the customs border and the customs territory of the Customs Union]. *Evraziyskoe ekonomicheskoe soobshchestvo. Komissiya tamozhennogo soyuza. Reshenie ot 28 maya 2010 g.* N 299, pp. 59–342.
5. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu (R 2.1.10.1920-04) [Risk assessment guidance for public health from exposure to chemicals polluting the environment (R 2.1.10.1920-04)]. Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 143 p.

POPULATION HEALTH RISK ASSESSMENT FROM CONTAMINATION OF FOOD PRODUCTS WITH CONTAMINANTS (C.D. SAMARA, C.D. TOGLIATTI)

N.M. Tsunina, L.V. Ayupova

Samara Region Department of the Federal Service on Consumer Rights Protection
and Human Well-Being Surveillance,
1, Mitireva St., Samara, 443079, Russia

The introduction in socio-hygienic monitoring of methodologies for risk assessment of negative impact on human health of food contamination with chemical substances was carried according to the methodical documents intended for practical use in Rospotrebnadzor, allowing to select a system of formulas, necessary for research, built in sequence: the dynamics of the amount of the studies presented to the federal information fund of public health monitoring for the long period of time, the sampling of products and food contaminants, depending on the amount of information data, the calculation of the median and the 90th percentile, the exposure of contaminants in foods, the percentage distribution of the contribution of food groups in exposure, the risk of non-carcinogenic and carcinogenic effects.

Key words: socio-hygienic monitoring, contamination of food, health risk assessment.

© Tsunina N.M., Ayupova L.V., 2014

Tsunina Natalia Mikhailovna – Deputy Head of Department of Social and Health Monitoring (e-mail: sancntr@fnsamara.ru; tel.: 8 (846) 260-38-23).

Ayupova Luiza Venerovna – specialist of the 1st class of Department of Social and Health Monitoring, clinical physician (e-mail: sancntr@fnsamara.ru; tel.: 8 (846) 260-38-23).

УДК 613.955, 956

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ И РИСКИ ЗДОРОВЬЮ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

**В.Р. Кучма^{1,2}, Е.И. Шубочкина^{1,2}, С.Г. Сафонкина¹,
В.В. Молдованов³, Е.М. Ибрагимова^{2,3}**

¹ ФГБУ «Научный центр здоровья детей» Российской Академии медицинских наук, Россия, 119991, г. Москва, Ломоносовский проспект, д. 2/62,

² Научно-исследовательский институт гигиены и охраны здоровья детей и подростков Научного центра здоровья детей Российской академии медицинских наук, Россия, 105064, Москва, Малый Казенный переулок, д. 5, стр. 5,

³ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», Россия, 129626, г. Москва, Графский переулок, д. 4/9

Оценены материалы по динамике санэпидблагополучия образовательных учреждений г. Москвы и состояния здоровья детей и подростков за 2005–2010 гг. Доказаны повышенные риски роста вспышек инфекционных заболеваний и школьно-связанных нарушений здоровья детей и подростков при фактическом ухудшении условий обучения в образовательных учреждениях 2-й группы санитарного состояния. Показано, что критерии оценки санитарно-эпидемиологического благополучия образовательных учреждений нуждаются в новых подходах для более объективной оценки состояния ОУ для снижения рисков здоровью обучающихся. Сделаны выводы, что система управления санитарно-эпидемиологическим благополучием обучающихся в условиях современных регламентов деятельности служб и учреждений Роспотребнадзора должна включать как предусмотренные законодательством мероприятия, так и инновационные – успешно апробированные в других сферах деятельности: производственный контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-эпидемиологических (профилактических) мероприятий в зависимости от уровня их санитарно-эпидемиологического благополучия, санитарно-эпидемиологический аудит в образовательных учреждениях.

Ключевые слова: санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся, риски появления вспышек инфекционных заболеваний и школьно-связанных нарушений здоровья, система управлений санитарно-эпидемиологическим благополучием в образовательных организациях, инновационные подходы.

В Российской Федерации сохраняются негативные тенденции показателей состояния здоровья детского населения, в поддержании которых важную роль играют условия жизнедеятельности детей и подростков [1]. Основной социальной нагрузкой для детей и подростков является процесс обучения. Влияние условий, в которых они находятся на протяжении длительного периода роста и развития в дошкольных и школьных образовательных учреждениях (ОУ), может проявиться как в формировании так называемых «школьных» болезней, так и в общем уровне здоровья. Ведущим критерием оценки санитарно-эпидемиологического благополучия ОУ является их

© Кучма В.Р., Шубочкина Е.И., Сафонкина С.Г., Молдованов В.В., Ибрагимова Е.М., 2014

Кучма Владислав Рамирович – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора, директор (e-mail: vrkuchma@mtu-net.ru, kuchma@niigd.ru, тел.: 8-495-917-48-31).

Шубочкина Евгения Ивановна – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией гигиены профессионального обучения, труда и профориентации (e-mail: adlabhyg@yandex.ru, тел.: 8-495-917-46-39).

Ибрагимова Евгения Михайловна – старший научный сотрудник лаборатории гигиены профессионального обучения, труда и профориентации, кандидат медицинских наук (e-mail: adlabhyg@yandex.ru, тел.: 8-495-917-46-39).

Сафонкина Светлана Германовна – кандидат медицинских наук, заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» (e-mail: safonkina@mail.ru, тел.: 8-499-616-41-01).

Молдованов Владимир Валерьевич – кандидат медицинских наук, заведующий отделом гигиены детей и подростков (e-mail: mvv7373@mail.ru, тел.: 8-495-64-59).

отнесение к группам санитарного состояния (1, 2, 3-я группа), позитивная динамика которых зачастую не соотносится с негативными тенденциями в показателях состояния здоровья детей дошкольно-школьного возраста [3, 4, 10]. Достоверная оценка санитарно-эпидемиологической ситуации в образовательных учреждениях с целью идентификации основных факторов риска и доказательствами их влияния на состояние здоровья обучающихся должна стать необходимым этапом работы специалистов в сложившейся ситуации [7]. Вместе с тем показатели состояния здоровья как компонент оценки санитарно-эпидемиологической ситуации в практике гигиены детей и подростков практически не используются.

Целью исследований было изучение взаимосвязи между состоянием здоровья детей г. Москвы и показателями санэпидблагополучия образовательных учреждений с использованием доступных специалистам Роспотребнадзора официальных материалов по состоянию здоровья.

Материалы и методы. В исследовании были использованы формы Государственного и отраслевого статистического наблюдения Управления Роспотребнадзора по г. Москве за 2005–2010 гг., данные официальной статистической отчетности о заболеваемости и профилактических осмотрах (ПМО) детей и подростков за этот же период. Для оценки статистической достоверности результатов использован пакет программ Statistica 7.0 и методы доказательной медицины с расчетом рисков формирования нарушений здоровья с использованием таблиц сопряженности: *AR*, *OR*, *RR* [7, 8].

Результаты и их обсуждение. Средние данные распределения всех видов ОУ г. Москвы по группам санитарного состояния за период 2005–2010 гг. свидетельствуют об увеличении числа ОУ 1-й группы, т.е. соответствующих полностью требованиям санитарных правил, с 43,9 % в 2005 г. до 52,3 % ($p < 0,001$) в 2010 г. На фоне позитивной динамики остается почти половина ОУ, в которых условия не соответствуют требованиям действующих санитарно-эпи-

демиологических правил и гигиенических нормативов – 2-я группа санитарного состояния. Достоверного роста отдельных типов ОУ (школы-интернаты общего типа, коррекционные учреждения, учреждения начального профессионального и профильного обучения) с 1-й группой санитарного состояния за указанный период не произошло.

Уровень санитарно-гигиенического благополучия (СГБ) в группах санитарного состояния ОУ является интегральным показателем, в нем учитывается большое число параметров, характеризующих условия обучения по данным визуального контроля и результатам лабораторно-инструментальных исследований. При этом может нивелироваться динамика отдельных важных параметров образовательной среды. Результаты визуального контроля за период 2007–2010 гг. выявили рост существенных нарушений показателей школьно-дошкольной среды в ОУ и ДОУ: по средним данным возросло число нарушений требований санитарных правил, регламентирующих площадь, приходящуюся на одного ребенка (с 9,6 до 20,2 %, $p < 0,001$), ограничивающих наполняемость групп (классов) в школах и дошкольных учреждениях (с 13,1 до 19,0 %, $p < 0,001$), выросло число случаев нарушения требований к санитарному содержанию объектов (с 8,1 до 12 %, $p < 0,05$), к обеспечению нормативных показателей естественного и искусственного освещения, особенно характерное для школ разного вида, включая школу-сад (с 18,5 до 27,2 %, $p < 0,01$). На рисунке представлена динамика отдельных нарушений санитарно-гигиенических требований по данным визуального контроля за 4-летний период по типам образовательных учреждений.

Обращает на себя внимание выраженный рост нарушений таких значимых показателей в дошкольных учреждениях, как площадь на одного ребенка, фактическая наполняемость групп, организация образовательного процесса. В школах факторами риска в большей степени являются нарушения требований к набору помещений, санитарному содержанию помещений и, особенно,

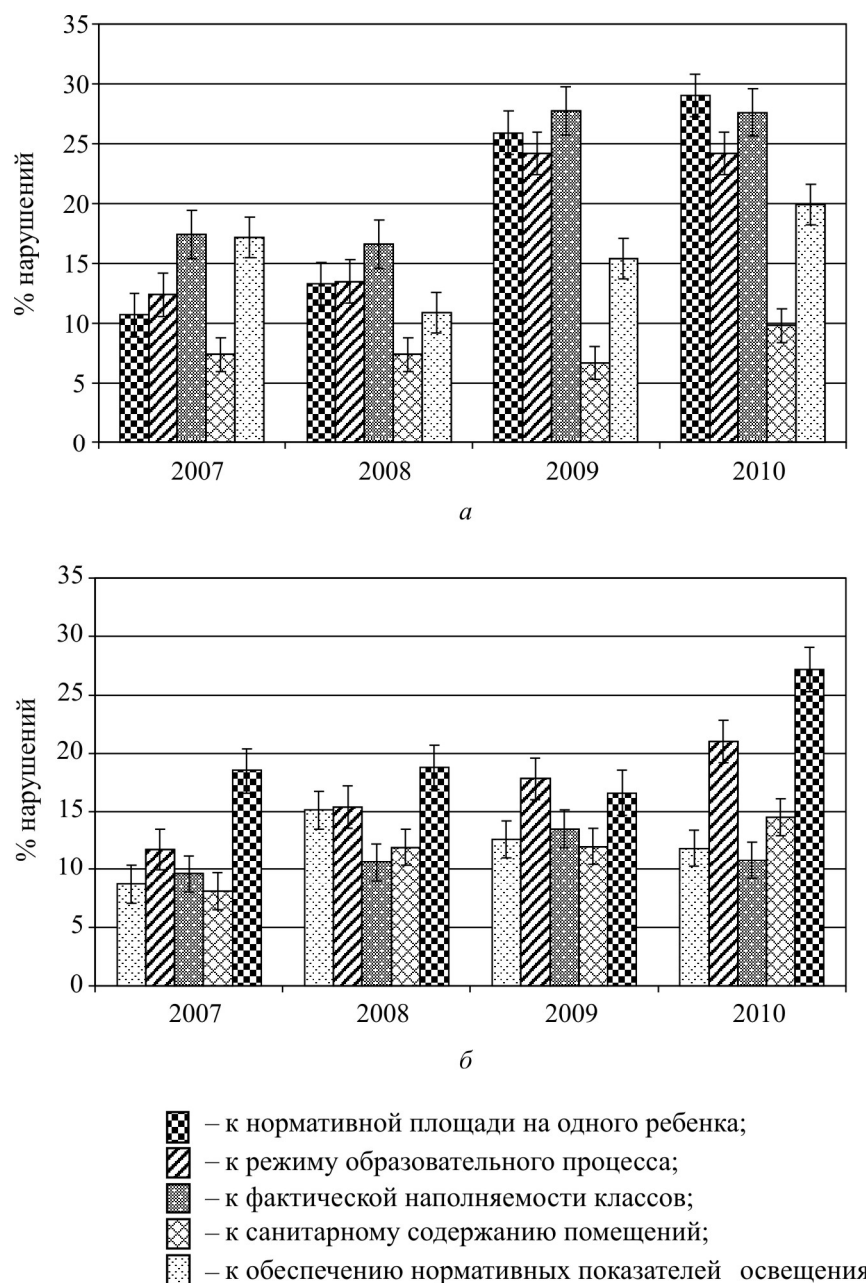


Рис. Нарушения санитарно-гигиенических требований (визуальный контроль) в г. Москве в динамике за 2007–2010 гг.: а – в ДОУ; б – в школах

требований к обеспечению нормативных показателей световой среды.

За этот же период времени увеличилась заболеваемость по обращаемости детей в возрасте 0–14 лет за медицинской помощью по поводу болезней органов дыхания, в структуре которых преобладают острые респираторные заболевания (на 15,6 %), болезней нервной системы (на 18,9 %) и органов пищеварения (на 15,6 %), миопией (на 7,5 %), что может быть связа-

но с ухудшением вышеуказанных параметров внутренней среды ОУ. Однако ухудшение результатов оценки параметров среды ОУ по данным визуального контроля, которое говорит о потенциальном риске здоровью детей, не позволяет снизить группу санитарного состояния образовательного учреждения без подтверждения данными лабораторно-инструментальных исследований [6]. Как показывают данные, число надзорных мероприятий, в том чис-

ле проводящихся с использованием лабораторно-инструментальных исследований, в условиях современных регламентов деятельности службы Роспотребнадзора значительно снизилось в расчете на образовательное учреждение [6]. Таким образом, недооцененное фактическое ухудшение условий обучения и воспитания в ОУ 2-й группы СГБ при существующих критериях оценки может нести более высокие потенциальные риски здоровью детей и подростков, особенно если оно касается важных гигиенических параметров, отражающих состояние школьно-дошкольной среды.

Подтверждают недооценку таких рисков здоровью детей результаты выполненного анализа случаев появления вспышек инфекционных заболеваний в образовательных учреждениях разного уровня санитарно-эпидемиологического благополучия (табл. 1).

Оценка частоты случаев вспышек инфекционных заболеваний, зарегистрированных в образовательных учреждениях 7 округов г. Москвы (2 793 ОУ) в 2010 г., показала, что абсолютный риск (AR) появления вспышек инфекционных заболеваний достоверно выше ($t = 6,9$, $p \leq 0,001$) в учреждениях с ухудшенными условиями, т.е. отнесенных во 2-ю группу санитарного состояния, по сравнению с таковыми 1-й группы. Особого внимания заслуживает оценка AR появления вспышек инфекционных заболеваний в учреждениях 3-й группы, где этот показатель является одним из критериевых: $AR = 4,3 \pm 3,0$ %, 95%-ный ДИ (от $-1,58$ до $+10,18$), т.е. доверительный интервал имеет высокий разброс с отрицательными значениями, что говорит о его

случайном характере при малом числе данных.

По таблице сопряженности рассчитывались шансы (OR) возникновения вспышек и относительный риск (RR) их появления в учреждениях 1-й и 2-й групп. Шансы появления вспышек инфекционных заболеваний в учреждениях 2-й группы санитарного состояния были выше более чем в 3 раза ($OR = 3,12 \pm 0,497$), чем в 1-й. Относительный риск (RR), отражающий силу связи между фактором (в нашем случае ухудшенными условиями обучения) и возможностью появления вспышек составил $2,91 \pm 0,17$, этиологическая доля (пропорциональный привнесенный риск за счет условий – группы санитарного состояния) была высокой – $EF = 65,6$ %.

Таким образом, полученные данные убедительно доказывают, что относительный риск появления вспышек инфекционных заболеваний значимо увеличивается при ухудшении условий обучения, а именно при нарушении требований санитарного законодательства к обеспечению нормативных параметров образовательной среды в учреждениях 2-й группы.

Для оценки взаимосвязи уровня СГБ образовательных учреждений с другими показателями состояния здоровья были выбраны три округа Москвы с разным уровнем санитарного состояния основных образовательных учреждений (дошкольные учреждения и школы). При этом рассчитывался процент детей, обучающихся и воспитывающихся в учреждениях разных групп, что позволило более объективно представить число детей, находящихся в ухудшенных условиях образовательной среды (табл. 2).

Таблица 1

Число вспышек в ОУ г. Москвы в 2010 г. с учетом групп УСГБ образовательных учреждений

Показатель	1-я группа УСГБ		2-я группа УСГБ		3-я группа УСГБ	
	Число ОУ	Число вспышек	Число ОУ	Число вспышек	Число ОУ	Число вспышек
Распределение по группам	1243	42	1504	148	46	2
Абсолютный риск появления вспышек, %		$3,4 \pm 0,5$		$9,8 \pm 0,77$		$4,3 \pm 3,0$
95%-ный доверительный интервал		1,92–4,84		8,3–11,3		–1,58–10,18
Достоверность различий	$t = 6,9$ $p \leq 0,001$ (2–1)					

Таблица 2

Динамика численности детей за 2007–2010 гг., обучающихся в разных санитарно-гигиенических условиях в трех округах г. Москвы

Год наблюдения	Показатель						
	Всего детей	1-я группа УСГБ		2-я группа УСГБ		3-я группа УСГБ	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%
Центральный округ							
2010	75 497	51 957*	68,8	23 393*	31,0	147	0,2
2009	76 721	51 278*	66,8	25 229*	32,0	2,214	2,8
2008	75 541	47 111*	62,4	28 040*	37,6		
2007	76 079	48 917	64,3	27 162	35,7		
Северный округ							
2010	99 051	54 063*	54,6	43 454*	43,95	2 534	2,6
2009	97 093	48 197*	49,7	46 019*	47,4	2,807	2,9
2008	99 445	48 879*	49,15	47 570*	47,84	2,996	3,05
2007	113 268	46 066	40,7	63 773	56,3	3,429	3,0
Южный округ							
2010	150 319	36 979*	24,6	111 215	74,0	2,125	1,4
2009	146 157	36 889*	25,2	107 090	73,3	2,178*	1,5
2008	144 461	33 937*	23,5	107 976	74,7	2,548*	1,8
2007	144 887	32 804	22,6	109 144	75,3	2,939	2,0

Примечание: * достоверность $p \leq 0,001$ (динамика четырех лет).

К условно «благополучному» был отнесен Центральный административный округ (ЦАО), где почти две трети детей (от 64,3 до 68,8 %) на протяжении 2007–2010 гг. обучались в учреждениях, отнесенных в 1-ю группу санитарного состояния, от 37,6 до 31,0 % – в учреждениях 2-й группы. За указанный период произошло достоверное уменьшение численности детей, обучающихся в ухудшенных условиях ($p < 0,001$), т.е. в образовательных учреждениях 2-й группы УСГБ, и рост числа тех, кто обучался в условиях, соответствующих нормативным требованиям.

Условия в Северном административном округе (САО), где в эти же годы от 40,7 до 54,6 % детей обучались в учреждениях, отвечающих требованиям санитарных правил, а в учреждениях 2-й группы обучалось от 44,0 до 56,3 % детей, оценивались как «удовлетворительные». За 4 года наблюдения в САО достоверно ($p < 0,001$) уменьшалось число детей, обучавшихся в ухудшенных условиях образовательной среды, и увеличивалось число тех, кто обучался в условиях, отвечающих гигиеническим требованиям. Однако почти половина детей продолжала обучаться в условиях, не отвечающих всем нормативным требованиям.

Кроме того, от 3,0 до 2,6 % детей находились в образовательных учреждениях 3-й группы СГБ, где не только имеется ухудшение санитарного состояния ОУ, но и регистрируются превышения ПДК и ПДУ по результатам лабораторных и инструментальных исследований, а также групповые инфекционные заболевания. В эту группу входили ДОУ и общеобразовательные школы. Численность детей в этой группе достоверно снизилась только в 2010 г.

В Южном административном округе (ЮАО), отнесенном к «неблагополучному», в соответствующих нормативным требованиям условиях воспитывалось и обучалось только 22,6–25,2 % детей. Основной контингент детей (до 75 %) обучается в ухудшенных условиях, соответствующих 2-й группе СГБ, от 2,0 до 1,4 % – в учреждениях 3-й группы. Позитивные изменения численности детей, обучающихся в ОУ 1-й группы, хотя и были статистически достоверными, не повлияли существенно на численность детей, обучающихся в условиях с нарушениями гигиенических требований.

Разрабатывались материалы ПМО детей в указанных округах, содержащие сведения о численности осмотренных учащихся

ся школьного возраста (7–17 лет) с распределением на группы здоровья (табл. 3), а также об отдельных нарушениях состояния здоровья, выявленных при осмотрах перед поступлением в детский сад, перед поступлением в школу и на завершающем этапе обучения.

Сравнительная оценка данных по численности детей разных групп здоровья не позволяет дать однозначную оценку влияния условий обучения на показатели состояния здоровья детей, обучающихся в разных условиях. Так, в «благополучном» округе численность здоровых детей (1-й группы здоровья) по сравнению с двумя другими была достоверно выше, и меньше было число 2-й группы здоровья с функциональными нарушениями. Вместе с тем численность детей с хронической патологией была выше в ЦАО по сравнению с двумя другими округами, кроме численности 5-й группы здоровья, которая была больше в ЮАО по сравнению с ЦАО. Недостаточную информативность рассмотренных показателей можно связать с тем, что в статистических отчетных формах по результатам ПМО представлены средние данные (для всех возрастных групп осматриваемых – 7–17 лет) и отсутствуют таковые об этапах школьно-дошкольного периода, что могло бы более объективно отразить изменения здоровья при обучении в разных условиях.

Такие динамические показатели представлены по отдельным функциональным нарушениям, которые рассматриваются как школьно-обусловленные – понижение остроты зрения и нарушение осанки. Были

рассчитаны риски появления сниженного зрения и нарушений осанки по соотношению шансов (*OR*) за дошкольно-школьный период в трех округах с учетом существенных различий в санитарном благополучии образовательных учреждений (табл. 4).

Риски появления сниженного зрения у детей за период от поступления в ДООУ к моменту окончания школы оказались достоверно выше в округах с ухудшенными условиями санитарно-эпидемиологического благополучия. Различия были достоверными для ЦАО-САО ($t = 3,8, p \leq 0,001$) и, соответственно, для ЦАО-ЮАО ($t = 3,3, p \leq 0,001$). Риски появления нарушений осанки за дошкольно-школьный этап также имели существенные и достоверные различия между округом с благополучными условиями и двумя другими: ЦАО-САО ($t = 4,1, p \leq 0,001$); ЦАО-ЮАО ($t = 4,4, p \leq 0,001$). Значимых различий между двумя округами г. Москвы с ухудшенными условиями ОУ (САО и ЮАО) получено не было, хотя риск формирования нарушений осанки был выше в ЮАО г. Москвы.

Выводы. Нарушение требований санитарного законодательства по обеспечению нормативных параметров образовательной среды по данным визуального контроля сопровождается ухудшением условий обучения и ростом рисков появления вспышек инфекционных заболеваний в образовательных учреждениях 2-й группы санитарного состояния, к которой относится половина таких городов, а в отдельных округах – до 60–70 %. Критериальный показатель для установления 3-й группы СГБ – наличие

Таблица 3

Распределение учащихся на группы здоровья по результатам профилактических осмотров 2010 г. в ЦАО, САО, ЮАО г. Москвы

Округ г. Москвы	Число осмотренных	1-я группа, %	2-я группа, %	3-я группа, %	4-я группа, %	5-я группа, %
		28,5	51,7	17,9	1,5	0,3
САО	95664	25,7	56,0	16,8	1,2	0,3
ЮАО	111 696	25,7	60,1	12,7	0,2	1,3
Достоверность различий		*** (ЦАО-САО) *** (ЦАО-ЮАО)	*** (ЦАО-САО) *** (ЦАО-ЮАО) *** (САО-ЮАО)	*** (ЦАО-САО) *** (ЦАО-ЮАО) *** (САО-ЮАО)		* (ЦАО-ЮАО)

Примечание: *** – $p \leq 0,001$; ** – $p \leq 0,01$; * – $p \leq 0,05$.

Таблица 4

Шансы возникновения школьно-связанных заболеваний (*OR*) по результатам профилактических осмотров у детей в трех округах г. Москвы с разным уровнем СГБ в 2010 г.

Показатель	Осмотрено	Понижение остроты зрения		Нарушение осанки	
		абс	на 100 осм.	абс	на 100 осм.
Центральный округ					
Перед поступлением в ДОУ	3 444	229	6,6	145	4,2
Перед окончанием ОУ в возрасте 16–17 лет	4 124	928	22,5	753	18,25
OR (соотношение шансов) $\pm m$		4,0 \pm 0,52		5,1 \pm 0,52	
Северный округ					
Перед поступлением в ДОУ	8 680	471	5,4	159	1,8
Перед окончанием ОУ в возрасте 16–17 лет	6 485 \pm 6 104	1 803	27,8	796	13,0
OR (соотношение шансов) $\pm m$		6,7 \pm 0,49		8,0 \pm 0,49	
Достоверность различий ЦАО-САО		$t = 3,8$; $p < 0,001$		$t = 4,1$; $p < 0,001$	
Южный округ					
Перед поступлением в ДОУ	12 264	775	6,3	253	2,1
Перед окончанием ОУ в возрасте 16–17 лет	8 146	2 479	30,4	1 229	15,1
OR (соотношение шансов) $\pm m$		6,5 \pm 0,54		8,4 \pm 0,54	
Достоверность различий ЦАО-ЮАО		$t = 3,3$; $p < 0,001$		$t = 4,4$; $p < 0,001$	

вспышек инфекционных заболеваний – используется недостаточно в практической деятельности специалистов.

Показатели риска формирования школьно-связанных нарушений состояния здоровья по данным ПМО также были выше в округах г. Москвы, характеризующихся более низким уровнем санитарно-эпидемиологического состояния образовательных учреждений по числу ОУ 2-й группы и количеству детей, обучающихся в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям.

Таким образом, система управления санитарно-эпидемиологическим благополучием обучающихся в ОУ нуждается в новых современных подходах, позволяющих оперативно и более достоверно оценивать уровень СГБ образовательного учреждения и степень влияния условий и режимов обучения и воспитания на состояние здоровья детей [2, 3, 5, 9]. Необходимо оперативное совершенствование организации и проведения контрольно-надзорных мероприятий при осуществлении санитарно-эпидемиологического надзора за образовательными учреждениями. Образова-

тельные учреждения также должны реально и каждодневно выполнять соответствующие санитарные нормы и правила, которые гарантируют санитарно-эпидемиологическое благополучие. Для этого могут использоваться как предусмотренные законодательством мероприятия, так и инновационные, успешно апробированные в других сферах деятельности: производственный контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-эпидемиологических (профилактических) мероприятий с учетом уровня санитарно-эпидемиологического благополучия учреждения, санитарно-эпидемиологический аудит в образовательных учреждениях.

Состояние здоровья детей и подростков должно быть индикатором эффективности деятельности санитарной службы. Использование данных заболеваемости детей и результатов профилактических осмотров позволяет обосновывать необходимость принятия ведомственных и межведомственных управленческих решений для обеспечения безопасности среды обучения и воспитания, снижения рисков здоровью детей.

Список литературы

1. Баранов А.А., Кучма, Л.М. Состояние здоровья современных детей и роль медико-социальных факторов в его формировании // Вестник РАМН. – 2009. – № 5. – С. 6–10.
2. Кучма В.Р., Сафонкина С.Г., Иваненко А.В. Санитарно-эпидемиологический аудит в образовательных учреждениях: проблемы и пути решения // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 6. – С. 11–14.
3. Кучма В.Р., Шубочкина Е.И. О новых научных подходах к управлению системой санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся в общеобразовательных учреждениях // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 8. – С. 6–9.
4. Новикова И.И. Гигиеническая оценка закономерностей формирования здоровья школьников крупного промышленного центра: автореф. ... дис. д-ра мед. наук. – Омск, 2006. – 34 с.
5. Новые подходы к гигиенической оценке условий и режимов обучения в общеобразовательных учреждениях / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, М.И. Степанова, И.Э. Александрова, Т.В. Шумкова // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 8. – С. 4–5.
6. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 787 от 05.12.2005. – М., 2005.
7. Проблемы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения / Г.Г. Онищенко, Г.И. Куценко, Е.Н. Беляев, Н.В. Зайцева, П.З. Шур. – М., 2000. – Ч. 1. – С. 197.
8. Риски и их оценка в медико-биологических исследованиях: методические рекомендации / С.А. Максимов, Е.А. Давыдова, С.Ф. Зинчук, В.Г. Зинчук. – Кемерово: ДОЗН КО, 2010. – 28 с.
9. Сафонкина С.Г., Молдованов В.В. Научно-методическое обоснование подходов к обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия в образовательных учреждениях // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 12. – С. 37–39.
10. Шубочкина Е.И., Молдованов В.В., Ибрагимова Е.М. Оценка связи между показателями состояния здоровья детей и уровнем санэпидблагополучия образовательных учреждений // Материалы Пленума НС по экологии человека и гигиене окружающей среды «Научно-методологические и законодательные основы совершенствования нормативно-правовой базы профилактического здравоохранения: проблемы и пути решения» 13–14 декабря 2012 г. – М., 2012. – С. 491–493.

References

1. Baranov A.A., Kuchma, L.M. Sostoyanie zdorov'ya sovremennykh detey i rol' mediko-sotsial'nykh faktorov v ego formirovani [Health status of children and the role of modern medical and social factors in its development]. *Vestnik RAMN*, 2009, no. 5, pp. 6–10.
2. Kuchma V.R., Safonkina S.G., Ivanenko A.V. Sanitarno-epidemiologicheskiiy audit v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh: problemy i puti resheniya [Sanitary and epidemiological audit of educational institutions: problems and solutions]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2012, no. 6, pp. 11–14.
3. Kuchma V.R., Shubochkina E.I. O novykh nauchnykh podkhodakh k upravleniyu sistemoy sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya obuchayushchikhsya v obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh [On the new scientific approaches to the management of sanitary-epidemiological safety of schoolchildren in educational institutions]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 8, pp. 6–9.
4. Novikova I.I. Gigienicheskaya otsenka zakonomernostey formirovaniya zdorov'ya shkol'nikov krupnogo promyshlennogo tsentra avtoref. diss. dok. med.nauk [Hygienic evaluation of schoolchildren' laws of health formation in a large industrial center]. Omsk, 2006, p. 34.
5. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Stepanova M.I., Aleksandrova I.E., Shumkova T.V. Novye podkhody k gigienicheskoy otsenke usloviy i rezhimov obucheniya v obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh [New approaches to the assessment of sanitary conditions and modes of learning in educational institutions]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 8, pp. 4–5.
6. Prikaz Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka № 787 ot 05.12.2005 [Order of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare № 787 of 05.12.2005].
7. Onishchenko G.G., Kutsenko G.I., Belyaev E.N., Zaytseva N.V., Shur P.Z. Problemy obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya [Problems of the sanitary and epidemiological safety of the population]. Moscow, 2000, part 1, p. 197.
8. Maksimov S.A., Davydova E.A., Zinchuk S.F., Zinchuk V.G. Riski i ikh otsenka v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh: metodicheskie rekomendatsii, DOZN KO [Risks and their assessment in biomedical researches]. Kemerovo, 2010. 28 p.
9. Safonkina S.G., Moldovanov V.V. Nauchno-metodicheskoe obosnovanie podkhodov k obespecheniyu sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh [Scientific and methodological approaches to the provision of sanitary and epidemiological safety in educational institutions]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 12, pp. 37–39.
10. Shubochkina E.I., Moldovanov V.V., Ibragimova E.M. Otsenka svyazi mezhdu pokazatelyami sostoyaniya zdorov'ya detey i urovnem sanepidblagopoluchiya obrazovatel'nykh uchrezhdeniy [Assessment of correlation be-

tween indicators of children's health and level of sanitary and epidemiologic safety of educational institutions]. *M-ly Plenuma NS po ekologii cheloveka i gigiene okruzhayushchey sredy* «Nauchno-metodologicheskie i zakonodatel'nye osnovy sovershenstvovaniya normativno-pravovoy bazy profilakticheskogo zdravookhraneniya: problemy i puti resheniya» 13–14 dekabrya 2012. Moscow, 2012, pp. 491–493.

SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SAFETY AND RISK TO HEALTH OF CHILDREN AND TEENAGERS DURING EDUCATION

V.R. Kuchma^{1,2}, E.I. Shubochkina^{1,2}, S.G. Safonkina¹, V.V. Molgavanov³,
E.M. Ibragimova^{2,3}

¹ FSBI Scientific Center of Children Health Under the Russian Academy of Medical Sciences, 2/62, Lomonosovsky, Moscow, 119991, Russia,

² Research institute of hygiene and health care of children and adolescents, Scientific Center of Children's Health, RAMS, building 5, Maly Kazenny lane, Moscow, 105064, Russia,

³ FBH "Center of Hygiene and Epidemiology in Moscow", 4/9, Grafsky Lane, 129626, Moscow, Russia

The materials on dynamics of sanitary and epidemiological safety of educational institutions of Moscow and the state of health of children and teenagers for the period 2005–2010 have been assessed. The increased risks of growth of outbreaks of infectious diseases and the school connected disorders of health of children and teenagers have been proved at the actual deterioration of conditions of training in educational institutions of the 2nd group of sanitary condition. It is shown that the assessment criteria of sanitary and epidemiological safety of educational institutions need new approach for a more objective assessment of educational establishments to reduce the risks to pupils' health. The conclusions have been drawn that the control system of sanitary and epidemiologic safety pupils in the conditions of modern activity regulations of services and establishments of Russian Agency for Health and Consumer Rights has to include both the actions provided by the legislation and innovative actions – successfully approved in other fields of activity: production control over observance of health regulations and performance of sanitary and epidemiologic (preventive) actions depending on the level of their sanitary and epidemiologic safety, sanitary and epidemiologic audit in educational institutions.

Key words: sanitary and epidemiological safety of pupils, risks of emergence of outbreaks of infectious diseases and the school connected disorders of health, system of management of sanitary and epidemiologic safety in educational establishments, innovative approaches.

© Kuchma V.R., Shubochkina E.I., Safonkina S.G., Molgavanov V.V., Ibragimova E.M., 2014

Kuchma Vladislav Remirovich – corresponding member of the Russian Academy of Medical Sciences, MD, Professor, Deputy Director, Director (e-mail: vrkuchma@mtu-net.ru, kuchma@niigd.ru, tel.: 8-495-917-48-31).

Shubochkina Evgenia Ivanovna – MD, Head of the Laboratory of Hygiene of Vocational Training, Vocational Guidance and Labor of the Research (e-mail: adlabhyg@yandex.ru, tel.: 8-495-917-46-39).

Ibragimova Evgenia Mikhailovna – senior research associate of the Laboratory of Hygiene of Vocational Training, Vocational Guidance and Labor, CM (e-mail: adlabhyg@yandex.ru, tel.: 8-495-917-46-39).

Safonkina Svetlana Germanovna – CM, Deputy Chief Physician (e-mail: safonkina@mail.ru, tel.: 8-499-616-41-01).

Moldovanov Vladimir Valeryevich – CM, Head of Department of Hygiene of Children and Adolescents (e-mail: mvv7373@mail.ru, tel.: 8-495-64-59).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 615.9, 614.7

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ НАНО- И МИКРОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

М.А. Землянова¹, В.Н. Звездин¹, А.А. Довбыш¹, Т.И. Акафьева^{1,2}

¹ ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»,

Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, д. 82,

² ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

В субхроническом эксперименте на белых крысах-самцах линии Wistar изучены негативные эффекты и выполнена сравнительная оценка токсичности водной суспензии нано- и микродисперсного диоксида кремния. Установлено, что при внутрижелудочном введении в течение 90 дней в дозе 14,6 мг/кг, соответствующей прогнозируемой пороговой дозе (LOAEL), водная суспензия нанодисперсного диоксида кремния вызывает иммунораздражающий, цитолитический и воспалительный эффекты, верифицированные отклонением биохимических, гематологических показателей и морфологическими изменениями тканей органов или систем-мишеней (печень, желудок, тощая и ободочная кишка, иммунная система). Микродисперсный диоксид кремния вызывает преимущественно воспалительный эффект в слизистой оболочке желудка, тощей и ободочной кишки.

Ключевые слова: диоксид кремния, наночастицы, микрочастицы, негативные эффекты, субхроническая токсичность, внутрижелудочное введение, экспериментальные исследования.

Согласно прогнозным оценкам Исследовательской службы Конгресса США (Congressional Research Service), на сегодняшний день мировая промышленность использует нанотехнологии в процессе производства 80 групп потребительских товаров и свыше 600 видов сырьевых материалов, комплектующих изделий и промышленного оборудования [12]. Динамичное развитие глобального сектора промышленного производства нанопорошков, наибольшая доля которого приходится на

диоксид кремния (до 40 % всего мирового объема производства нанопорошков) [3], обуславливает лидирующие позиции в их применении в наиболее перспективных отраслях промышленности: нанооптике, наноэлектронике, нанобиотехнологии, фармации и др.

В связи с широкомасштабным развитием мирового рынка нанотехнологической продукции проблемы нанотоксикологии и биобезопасности используемых наноматериалов выходят на одно из первых мест

© Землянова М.А., Звездин В.Н., Довбыш А.А., Акафьева Т.И., 2014

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

Звездин Василий Николаевич – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической и наносенсорной диагностики (e-mail: zvezdin@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 236-39-30).

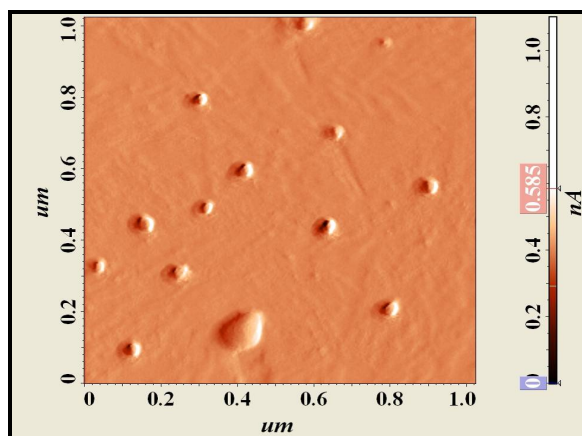
Довбыш Анастасия Александровна – токсиколог лаборатории метаболизма и фармакокинетики (e-mail: dovnastja@yandex.ru, тел.: 8 (342) 236-39-30).

Акафьева Татьяна Игоревна – специалист по нанотехнологиям лаборатории биохимической и наносенсорной диагностики (e-mail: akafieva@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 236-39-30).

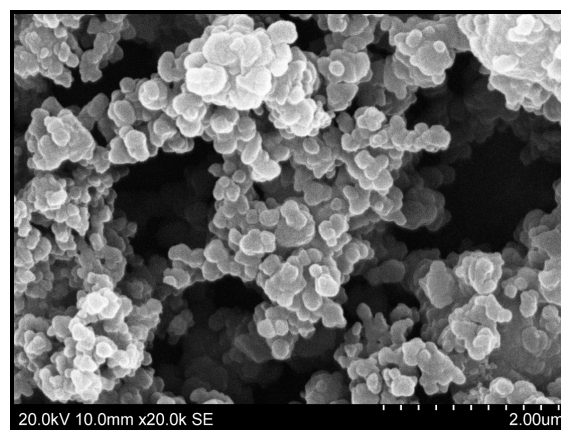
по важности и, соответственно, по числу работ в этой области. Анализ имеющегося экспериментального материала о биологических эффектах наночастиц и наноматериалов, представленного в зарубежных и отечественных публикациях [7, 9], позволяет сделать теоретическое предположение о том, что токсичность частиц в наноразмерном состоянии выше, чем таковая аналогичных по химическому составу частиц в микро- и макрометровом диапазоне. При этом данные, касающиеся сравнительной оценки токсичности вещества в нано- и микродисперсном виде в условиях хронического и субхронического воздействия, крайне малочисленны и разобщены. Учитывая появление массово выпускаемого продукта, контактировать с которым предполагается широкой категории населения, актуальным является выявление и сравнительная оценка негативных эффектов многократного воздействия нанодисперсного диоксида кремния на организм.

Целью проведенных работ являлось исследование и сравнительная оценка субхронической токсичности водной суспензии нано- и микродисперсного диоксида кремния при внутрижелудочном введении.

Материалы и методы. Для проведения исследований использовали водную суспензию нанодисперсного диоксида кремния ($\text{SiO}_2 \times 0,14\text{H}_2\text{O}$), полученную методом синтеза наноструктур – метод жидкокристаллического темплатирования, позволяющего получать материалы с уникальными текстурно-структурными характеристиками (высокой удельной поверхностью, однородным распределением пор по размерам и их упорядоченностью) [6, 11]. Матриксом суспензии являлась бидистиллированная вода. Для сравнительного анализа эффектов субхронической токсичности использовали водную суспензию микродисперсного диоксида кремния ($\text{SiO}_2 \times 0,08\text{H}_2\text{O}$), синтезированную методом Штобера [10] (синтез выполнен в лаборатории многофазных дисперсных систем Института технической химии Уральского отделения РАН).



а



б

Рис. 1. Изображение синтезированных частиц нанодисперсного диоксида кремния:
а – атомно-силовая микроскопия;
б – электронная микроскопия

Наночастицы в исследуемом образце имели 67 % частиц эллипсоидной формы размером в меньшей из осей 25–35 нм и 33 % частиц сферической формы диаметром 25 нм (рис. 1).

Микрочастицы диоксида кремния являлись частицами «традиционной» дисперсности» (размер 1,63–2,35 мкм в 100 % случаев) несферической формы. Нанодисперсный диоксид кремния имел удельную площадь поверхности частиц 96,96 м²/г, соответствующую таковой поверхности частиц наноразмерного диапазона аморфного диоксида кремния (от 50 до 380 м² на 1 г вещества), и превышал в 7,6 раза удельную площадь поверхности микроразмерного аналога (12,54 м²/г).

Концентрация кремния в водной суспензии наноразмерного диоксида кремния, определяемая методом атомно-абсорбционной спектроскопии с ацетилено-воздушным пламенем на анализаторе Perkin Elmer 3110 (Perkin Elmer Inc., США), составила 65 мг/см^3 , микродисперсного аналога – 40 мг/см^3 .

Непосредственно перед проведением аналитических исследований для предотвращения образования агрегатов и агломератов в жидкой фазе в условиях старения для равномерного распределения частиц SiO_2 в объеме проводили ультразвуковую обработку суспензии на ультразвуковом гомогенизаторе Sonopuls Hd 3200 Bandelin (Германия) при комнатной температуре в течение 2 минут в режиме непрерывной пульсации на 65%-ной мощности.

Экспериментальные исследования осуществляли на белых крысах-самцах линии Wistar массой $190 \pm 20 \text{ г}$ в количестве 30 особей (по десять животных в группе), приобретенных в питомнике «Андреевка» ФГБУ «Научный центр биомедицинских технологий» РАН (Правила лабораторной практики: приказ Минздравсоцразвития России № 708н от 23 августа 2010 г.). Работа с экспериментальными животными выполнена в соответствии с Руководством по уходу и использованию лабораторных животных (ILAR, DELS) [5]. Животных содержали в стандартных условиях вивария на полусинтетическом рационе, пищевая и биологическая ценность которого полностью удовлетворяли физиологические потребности. Доступ к пище и воде не ограничивали. Все животные до начала эксперимента находились в карантине не менее 14 суток.

Сравнительный анализ эффектов субхронической токсичности выполнен при введении веществ в дозе $14,6 \text{ мг/кг}$ веса тела ($1/250 \text{ ЛД}_{50}$), соответствующей прогнозируемой пороговой дозе подострого эксперимента (LOAEL), установленной расчетным методом по результатам оценки острой токсичности водной суспензии наноразмерного диоксида кремния [4]. Вод-

ную суспензию нанодисперсного диоксида кремния вводили животным внутрижелудочно через зонд в объеме $0,3 \pm 0,1 \text{ см}^3$ (группа 1 – опытная), микродисперсного диоксида кремния – в объеме $0,6 \pm 0,1 \text{ см}^3$ (группа 2 – сравнения). Животным контрольной группы вводили внутрижелудочно через зонд бидистиллированную воду в максимальном объеме $0,6 \pm 0,1 \text{ см}^3$ (группа 3 – контроль). Длительность эксперимента составила 90 дней.

У животных всех групп проводили отбор крови из хвостовой вены и определяли гематологические и биохимические показатели до начала (исходный фон) и на 90-й день эксперимента. Перечень анализируемых показателей, составленный с учетом результатов предварительной оценки опасности нанодисперсного диоксида кремния, позволял выявить развитие негативных эффектов и оценить функциональное состояние органов/или систем-мишеней:

- системы крови и кроветворных органов (концентрация гемоглобина, гематокрит, общее количество эритроцитов, средний объем эритроцита и концентрация гемоглобина в эритроците в цельной крови);
- иммунной системы (относительное число эозинофилов, лимфоцитов, эозинофильно-лимфоцитарный индекс крови);
- печени (содержание малонового диальдегида (МДА), гидроперекиси липидов (ГЛ), активность антиоксидантного статуса (АОС); супероксиддисмутазы (СОД), аланинаминотрансферазы (АЛАТ), аспартатаминотрансферазы (АСАТ), гамма-глутамилтранспептидазы (ГТП) в сыворотке крови);
- ЖКТ (количество лейкоцитов, лейкоцитарная формула цельной крови; уровень С-реактивного белка и протеинограмма сыворотки крови).

Определение изучаемых показателей выполнено в соответствии с протоколом использования автоматического гематологического (Coulter Ac*T 5diff AL, Beckman Coulter, США), биохимического (Konelab20, Thermo Scientific, Finland), иммуноферментного (Infinite-F50, Tecan, Австрия) анализаторов.

Для оценки достоверности различий полученных данных использовали *t*-критерий Стьюдента (сравнение групп опыта и контроля по количественным признакам). Различия полученных результатов являлись статистически значимыми при $p \leq 0,05$ [2].

Выведение животных из эксперимента осуществляли на 90-й день шадящим методом эвтаназии при помощи углекислого газа. Для изучения морфологических изменений тканей внутренних органов у экспериментальных животных выполняли отбор висцеральных органов (легкие, сердце, желудочно-кишечный тракт, печень, селезенка, почки) методом полной эвисцерации по Шору. Извлечение головного мозга, бедренной кости для гистологического анализа производили специализированным инструментом.

Морфологическое исследование включало фиксацию материала в 10%-ном забуференном нейтральном формалине, обезвоживание в спиртах восходящей концентрации, пропитывание фрагментов органов хлороформом и парафином, а затем заливку гомогенизированной средой Histomix. Срезы толщиной 4 мкм изготавливали на санном микротоме JUNG SM 2000R (Leica, Германия) и окрашивали по общепринятой

методике гематоксилином и эозином. Полученные гистологические препараты исследовали в светооптическом микроскопе Axiostar (Carl Zeiss, Германия).

Результаты и их обсуждение. Исследование и сравнительная оценка отклонений гематологических и биохимических показателей крови, морфологических изменений тканей внутренних органов позволило установить негативные эффекты, характеризующие токсическое действие тестируемых веществ.

У экспериментальных животных группы 1 выявлен цитолитический эффект, реализующийся через активацию перекисного окисления липидов мембран клеток, по достоверному увеличению уровня МДА и гидроперекиси липидов в сыворотке крови в 1,5 и 1,9 раза соответственно относительно контрольных значений ($p = 0,001$) (таблица).

У животных, получавших микродисперсный аналог, наблюдалось достоверное увеличение уровня гидроперекиси липидов в сыворотке крови в 1,3 раза относительно контроля ($p = 0,039$). На фоне активации перекисного окисления липидов у животных группы 1 установлено истощение резервов антиоксидантной защиты. Об этом

Биохимические и гематологические показатели крови, токсические эффекты при внутрижелудочном введении крысам линии Wistar нано- и микродисперсного диоксида кремния в течение 90 дней

Эффект	Показатель	Нанодисперсный диоксид кремния	Микродисперсный диоксид кремния	Контроль
Цитолитический	МДА, мкмоль/см ³	3,4±0,4*	2,4±0,3	2,3±0,2
	ГЛ, моль/дм ³	59,7±16,6*	40,2±3,8*	30,9±3,0
	СОД, нг/см ³	3,7±0,6*	5,5±0,4	5,5±0,1
	АОС, мкмоль/дм ³	81,3±8,4*	170,6±4,5	174,6±17,3
	АЛАТ, Е/дм ³	65,5±18,52*	54,8±8,8	55,7±4,3
	АСАТ, Е/дм ³	122,3±59,3	130,5±27,7	129,1±13,1
	ГТП, Е/дм ³	4,1±0,4	3,7±0,5	3,9±0,4
	Орган-мишень	Печень	–	–
Воспалительный	СРБ, мг/дм ³	8,3±0,7*	7,4±0,7*	5,25±0,21
	Орган-мишень	Желудок, тощая и ободочная кишка	Желудок, тощая и ободочная кишка	–
Иммуно-раздражающий	Эозинофильно-лимфоцитарный индекс, усл. ед.	0,02±0,006*	0,0034±0,006	0,0032±0,003
	Орган-мишень	Селезенка	–	–

Примечание: * – статистически достоверные различия с показателем в контроле ($p \leq 0,05$).

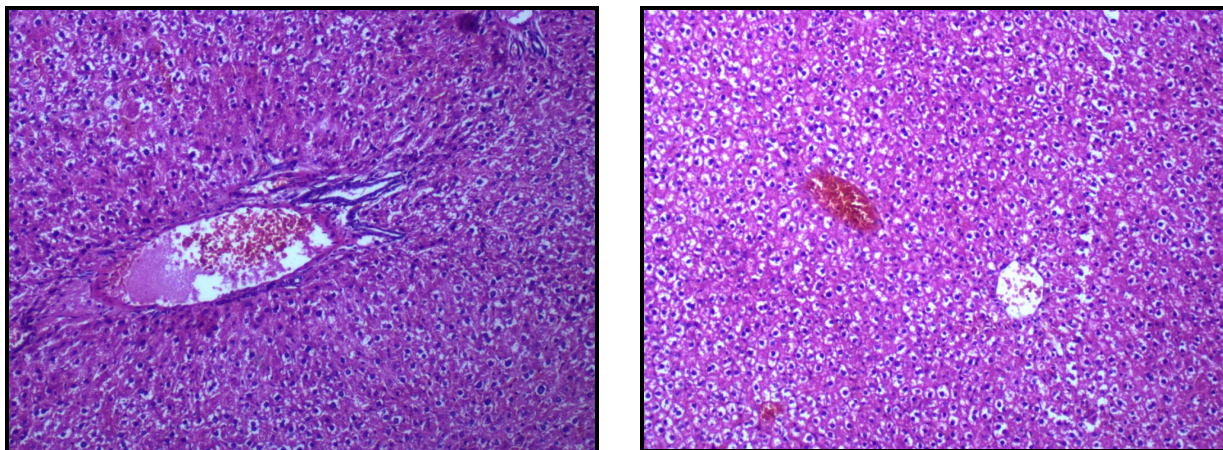


Рис. 2. Печень крысы на 90-й день эксперимента при внутрижелудочном введении тестируемых веществ в дозе 14,6 мг/кг. Окраска гематоксилином и эозином: *а* – нанодисперсный диоксид кремния, ув. $\times 400$; *б* – микродисперсный диоксида кремния, ув. $\times 200$

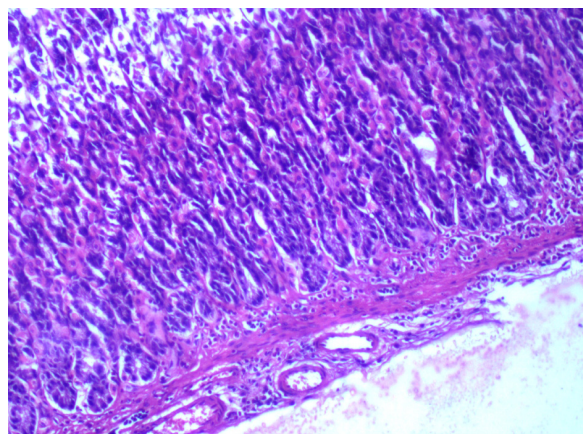
свидетельствует достоверное снижение активности СОД и АОС сыворотки крови в 1,5 и 2,2 раза относительно значений контрольной группы ($p = 0,001-0,007$). Показатели антиоксидантной системы животных группы 2 в течение всего эксперимента соответствовали контрольному уровню.

Установленные изменения свидетельствуют о развитии оксидантно-антиоксидантного дисбаланса, что, в свою очередь, может вызвать структурные нарушения в билипидном слое клеточных мембран за счет преимущественного окисления ненасыщенных жирных кислот [8]. Следствием этого является нарушение ассоциации и активности мембраносвязанных ферментов, окисление *SH*-групп трансмембранных белков и образование комплексов окисленных липидов с белками, способствующих полимеризации белковых молекул [1]. Указанный спектр молекулярной патологии ведет к разрушению субклеточных и клеточных мембран гепатоцитов (эффект цитолиза), что может приводить к повышению активности в сыворотке крови внутриклеточных ферментов. Начальные проявления цитолитического эффекта зарегистрированы у животных группы 1 по увеличению активности АЛАТ в сыворотке крови в 1,2 раза ($p = 0,041$). У животных группы 2 активность данного фермента соответствовала показателю контрольной группы. Подтверждением повышения цитолитической ак-

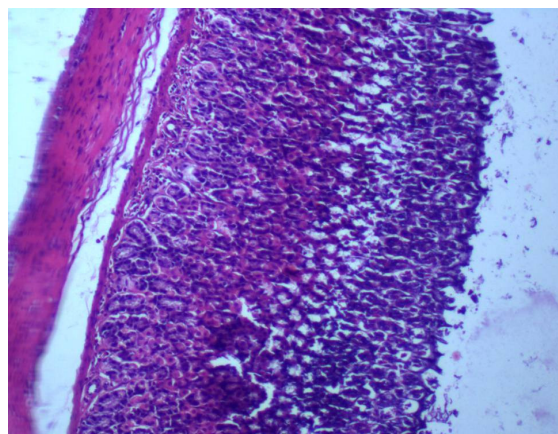
тивности является изменение морфологической структуры клеток печени. Показано, что у экспериментальных животных группы 1 гепатоциты находятся в состоянии мелкоочаговой гидропической дистрофии, цитоплазма части клеток (особенно субкапсулярно) оптически прозрачна. В группе животных, получавшей микродисперсный аналог, не установлено увеличения активности внутриклеточных ферментов в сыворотке крови и морфологических изменений клеток печени (рис. 2).

Воспалительный эффект установлен у животных сравниваемых групп по увеличению уровня С-реактивного белка в сыворотке крови в 1,6 и 1,4 раза соответственно относительно показателя контрольной группы ($p = 0,001-0,031$). Гистологическое исследование зафиксировало наличие воспалительных изменений в желудочно-кишечном тракте животных как группы 1, так и группы 2, которые характеризовались умеренной лимфомакрофагальной инфильтрацией с примесью единичных плазматических клеток и эозинофилов в подслизистом слое желудка, отеком слизистой оболочки тощей и ободочной кишки (рис. 3, 4).

У животных контрольной группы (данные не приведены) в гистологических препаратах тощей кишки отмечается сохранность структуры стенки, кишечные ворсинки тонкие, с рыхлой стромой, прослеживаются бокаловидные клетки. В гис-

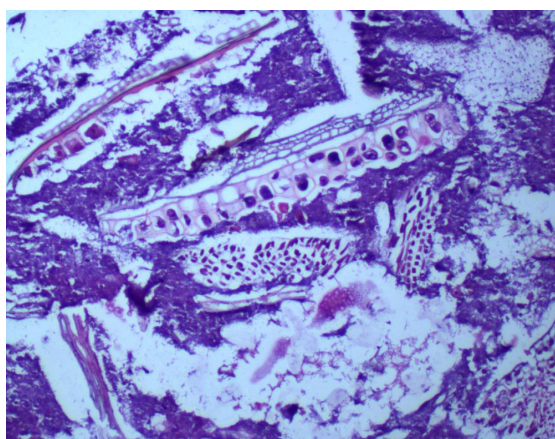


a

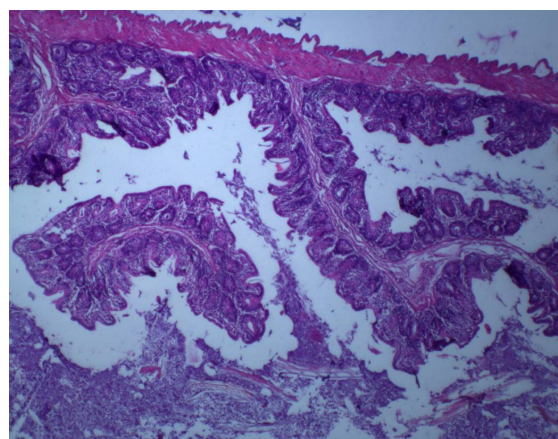


б

Рис. 3. Желудок крысы на 90-й день эксперимента при внутрижелудочном введении тестируемых веществ в дозе 14,6 мг/кг. Окраска гематоксилином и эозином, ув. $\times 400$: *a* – нанодисперсный диоксид кремния; *б* – микродисперсный диоксида кремния

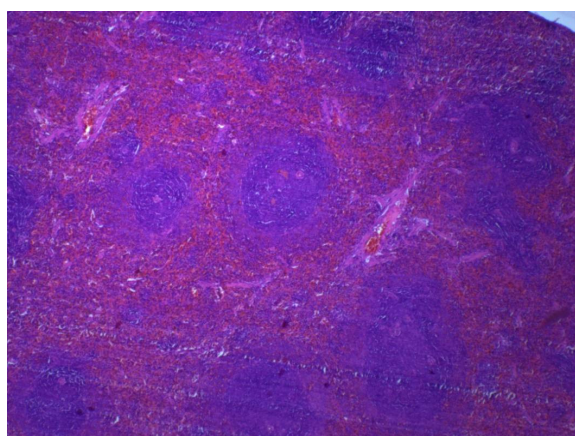


a

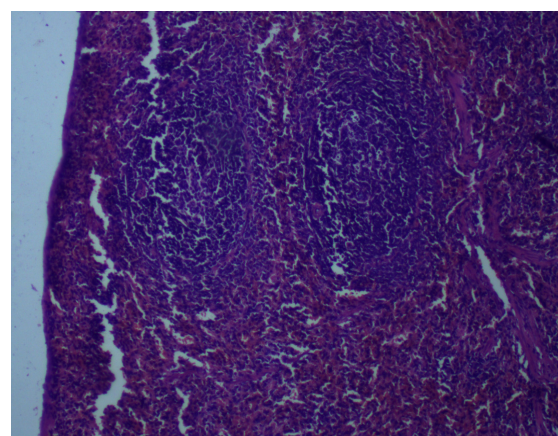


б

Рис. 4. Ободочная кишка крысы на 90-й день эксперимента при внутрижелудочном введении тестируемых веществ в дозе 14,6 мг/кг. Окраска гематоксилином и эозином, ув. $\times 200$: *a* – нанодисперсный диоксид кремния; *б* – микродисперсный диоксида кремния



a



б

Рис. 5. Селезенка крысы на 90-й день эксперимента при внутрижелудочном введении тестируемых веществ в дозе 14,6 мг/кг. Окраска гематоксилином и эозином: *a* – нанодисперсный диоксид кремния, ув. $\times 200$; *б* – микродисперсный диоксида кремния, ув. $\times 400$

тологических препаратах ободочной кишки визуализируется неизменная структура стенки.

О развитии иммунораздражающего эффекта у животных группы 1 свидетельствует достоверное снижение эозинофильно-лимфоцитарного индекса цельной крови в 1,5 раза относительно значений контрольной группы ($p = 0,004-0,043$). Данный токсический эффект подтверждается наличием скоплений лимфоцитов, макрофагов, лейкоцитов и плазматических клеток в пульпарных тяжах селезенки. В группе животных, получавших микродисперсный диоксид кремния, отклонений данного показателя и патологических изменений в ткани селезенки по сравнению с контролем не обнаружено (рис. 5).

Выводы. В результате сравнительной оценки эффектов субхронической токсичности тестируемых веществ при внутрижелудочном введении через зонд в течение 90 дней в дозе 14,6 мг/кг установлено, что водная суспензия наноразмерного диоксида кремния обладает большим спектром токсических эффектов и степенью их выраженности по сравнению с микроразмерным аналогом. Нанодисперсный диоксид

кремния обуславливает развитие цитолиза, иммунораздражающего и воспалительного эффектов, которые подтверждаются отклонением по сравнению с контролем биохимических (повышение содержания МДА, гидроперекиси липидов, активности АЛАТ, СРБ; снижение активности АОС, СОД) и гематологических (снижение эозинофильно-лимфоцитарного индекса) данных, а также изменением морфологической структуры клеток печени, селезенки, желудка, тощей и ободочной кишки. При введении микродисперсного аналога в дозе 14,6 мг/кг установлен только эффект воспаления в желудочно-кишечном тракте, который подтверждается повышением СРБ и морфологическими изменениями в слизистой оболочке желудка, тощей и ободочной кишки.

Полученные результаты согласуются с вышеупомянутым теоретическим предположением о большей степени токсичности наноразмерных частиц диоксида кремния по сравнению с его микроразмерным аналогом, что необходимо учитывать при решении задач гигиенического регламентирования содержания наноразмерных частиц в воде и пищевых продуктах.

Список литературы

1. Блюгер А.Ф., Майоре А.Я. Проблемы перекисного окисления липидов в гепатологии // Успехи гепатологии. – 1978. – № 7. – С. 22–54.
2. Гланц С. Медико-биологическая статистика / под ред. Н.Е. Бузикашвили и соавт. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
3. Нанопорошки: описание и объемы производства: маркетинговый отчет Исследовательской компании «Abercade». – 2008. – URL: <http://www.abercade.ru/research/analysis/66.html> (дата обращения: 19.02.2014).
4. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности водной суспензии нанодисперсного диоксида кремния, синтезированного методом жидкокристаллического темплатирования / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.Н. Звездин, Е.В. Саенко // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 1. – С. 65–72.
5. Guide for the care and use of laboratory animals. Eighth Edition. Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals; Institute for Laboratory Animal Research (ILAR); Division on Earth and Life Studies (DELS); National Research Council of the national academies. – Washington: The national academies press, 2011.
6. Meynen V., Cool P., Vansant E.F. Verified syntheses of mesoporous materials // Microporous and mesoporous materials. – 2009. – Vol. 125. – P. 170–223.
7. Nanotoxicology (editorial) / K. Donaldson, V. Stone, C.K. Tran et al. // Occupat. and Environm. Med. – 2004. – Vol. 61. – P. 727–728.
8. Predictive tests to evaluate oxidative potential engineered nanomaterials: Nanotechnology and nanotoxicology / M. Ghiazza, E. Carella, M. Tomatis, M. Corazzari, M. Cristina. – Grenoble, 2012.

9. Reactivity of engineered inorganic nanoparticles and carbon nanostructures in biological media / N.G. Bastus, E. Casals, V.S. Socono, V. Puntos // *Nanotoxicology*. – 2008. – Vol. 2. – P. 99–112.
10. Smart Control of Monodisperse Silica Particles: Effect of Reactant Addition Rate on Growth Process / K. Nozawa, H. Gailhanou, L. Raison, P. Panizza // *Langmuir*. – 2005. – Vol. 21. – P. 1516–1523.
11. Vallet-Regi M., Balas F., Arcos D. Mesoporous Materials for Drug Delivery // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2007. – Vol. 46. – P. 7548–7558.
12. World Nanotechnology: Innovation and Technology Trends. Nanotechnology Industry Market Research Reports. 2012. – URL: http://www.reportlinker.com/ci02344-p2/Nanotechnology.html/mode/public_319_1.pdf (дата обращения: 12.01.2014).

References

1. Bljucer A.F., Majore A.Ja. Problemy perekisnogo okislenija lipidov v gepatologii [Problems of lipid peroxidation in hepatology]. *Uspehi gepatologii*, 1978, no. 7, pp. 22–54.
2. Glanc S. Mediko-biologicheskaja statistika [Biomedical statistics]. Ed. N.E. Buzikashvili i soavt. Moscow: Praktika, 1998. 459 p.
3. Nanoporoshki: opisanie i ob#emy proizvodstva: Marketingovyy otchet Is-sledovatel'skoj kompanii «Abercade» [Nanopowders: description and production: Market Report of the Research company «Abercade». 2008]. 2008. Available at: URL: <http://www.abercade.ru/research/analysis/66.html>.
4. Zajceva N.V., Zemljanova M.A., Zvezdin V.N., Saenko E.V. Toksikologo-gigienicheskaja ocenka bezopasnosti vodnoj suspenzii nanodispersnogo dioksida kremnija, sintezirovannogo metodom zhidkokristallicheskogo templatirovanija [Toxicological and hygienic evaluation of the safety of an aqueous suspension of nanopowder silica synthesized by the liquid crystal templating]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 1, pp. 65–72.
5. Guide for the care and use of laboratory animals. Eighth Edition. Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals; Institute for Laboratory Animal Research (ILAR); Division on Earth and Life Studies (DELS); National Research Council of the national academies. Washington: The national academies press, 2011. 246 p.
6. Meynen V., Cool P., Vansant E.F. Verified syntheses of mesoporous materials. *Microporous and mesoporous materials*, 2009, vol. 25, pp. 170–223.
7. Donaldson K. Stone V., Tran C.K. et al. Nanotoxicology (editorial). *Occupat. and Environm. Med.*, 2004, vol. 61, pp. 727–728.
8. Ghiazza M., Carella E., Tomatis M., Corazzari M., Cristina M. Predictive tests to evaluate oxidative potential engineered nanomaterials. Nanotechnology and nanotoxicology, Grenoble, 13–15 November 2012.
9. Bastus N.G., Casals E., Socono V.S., Puntos V. Reactivity of engineered inorganic nanoparticles and carbon nanostructures in biological media. *Nanotoxicology*, 2008, vol. 2, pp. 99–112.
10. Nozawa K. Gailhanou H., Raison L., Panizza P. Smart Control of Monodisperse Silica Particles: Effect of Reactant Addition Rate on Growth Process. *Langmuir*, 2005, vol. 21, pp. 1516–1523.
11. Vallet-Regi M., Balas F., Arcos D. Mesoporous Materials for Drug Delivery. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2007, vol. 46, pp. 7548–7558.
12. World Nanotechnology: Innovation and Technology Trends. Nanotechnology Industry Market Research Reports. 2012. Available at: http://www.reportlinker.com/ci02344-p2/Nanotechnology.html/mode/public_319_1.pdf.

COMPARISON OF TOXICITY OF AQUEOUS SUSPENSION OF NANO-AND MICROFINE SILICA IN SUBCHRONIC EXPERIMENT

M.A. Zemlyanova¹, V.N. Zvezdin¹, A.A. Dovbysh¹, T.I. Akafyeva^{1,2}

¹ FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive
Health Risk Management Technologies",
82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia,

² FSBEI HPE "Perm State National Research University",
15, Bukireva St., Perm, 614990, Russia

In subchronic experiment on Wistar's white male rats the negative effects have been studied and the comparative assessment of toxicity of an aqueous suspension of nano- and microfine silica has been carried out. It was found that by intragastric administration for 90 days of the dose of 14.6 mg/kg, corresponding to the predicted threshold dose (LOAEL), the aqueous suspension of nanosized silica causes immune irritating, cytolytic and inflammatory effects, verified by the deviation of hematologic parameters and morphological changes in tissues bodies / or target systems (liver, stomach, jejunum and colon, immune system). Micro-sized silica causes predominantly an inflammatory effect in the mucosa of stomach, jejunum and colon.

Key words: silica nanoparticles, microparticles, negative effects, subchronic toxicity, intragastric administration, experimental studies.

© Zemlyanova O.V., Zvezdin A.V., Dovbish O.A., Akafyeva V.B., 2014

Zemlyanova Marina Aleksandrovna – MD, Head of Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods (e-mail: zem@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Zvezdin Vasily Nikolaevich – MD, senior research associate of the Laboratory of Biochemical and Nanosensor Diagnostics (e-mail: zvezdin@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Dovbish Anastasia Aleksandrovna – toxicologist of the Laboratory of Metabolism and Pharmacokinetics (e-mail: dovnastja@yandex.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Akafyeva Tatiana Igorevna – expert on nanotechnologies of the Laboratory of Biochemical and Nanosensor Diagnostics (e-mail: akafieva@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

УДК 613.64: 616.717 – 057

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФЕНОЛОВ НА ИММУНОРЕГУЛЯЦИЮ *EX VIVO*

О.В. Долгих^{1,2}, Р.А. Предеина¹, Д.Г. Дианова¹¹ ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Россия, 614990, г. Пермь, ул. Монастырская, д. 82,² ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Установлены особенности иммунных нарушений в условиях экспериментальной экспозиции фенолом, которые характеризуются изменением количественного состава клеточного звена иммунной системы, угнетением апоптотической активности иммунокомпетентных клеток и нарушением регуляции иммунного ответа в сторону преобладания Th2-типа, что может привести к развитию аутоиммунных и онкопролиферативных процессов.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, фенол, апоптоз, иммунная регуляция.

Токсическое воздействие низкомолекулярных химических веществ, в том числе фенолов, может привести к нарушению иммунологической реактивности и искажению баланса иммунорегуляторных механизмов [2, 3, 5, 7–9]. Накопление изменений отдельных компартментов иммунной защиты в условиях экспозиции химическими контаминантами может реализоваться нарушениями структурной целостности и функциональной полноценности иммунной системы, прежде всего у детей, что может служить предпосылкой для развития целого ряда соматических заболеваний, среди которых аллергические, аутоиммунные заболевания и пролиферативные процессы [1–4, 6]. В рамках этого актуальным является изучение влияния фенолов на иммунорегуляцию в условиях эксперимента.

Цель исследования – верификация *ex vivo* нарушений иммунной регуляции у детей в условиях воздействия фенола.

Материалы и методы. Предметом исследования являлись биосреды (кровь), в том

числе клеточные культуры мононуклеаров и фагоцитов детей.

С целью выявления непосредственного влияния фенола на регуляцию иммунной системы оценивали экспрессию выработки цитокинов (ИЛ-1 β , ИЛ-4, ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-10, ИЛ-17, ФНО- α , ИФН- γ) в условиях *ex vivo*. Для этого изучали уровни спонтанной, индуцированной митогеном (фитогемагглютинин, 4 мкг/мл; конкавалин А, 4 мкг/мл; липополисахарид, 2 мкг/мл) и фенолом (0,05 мг/дм³) продукции цитокинов в супернатантах цельной периферической крови методом иммуноферментного анализа с использованием тест-систем «Вектор-Бест» (Россия) на анализаторе Elx808IU (США). Влияние фенола на фагоцитарную активность определяли в условиях эксперимента путем добавления фенола (0,05 мг/дм³) в кровь перед инкубацией с формализированными эритроцитами барана. Рабочую концентрацию фенола подбирали опытным путем (исследовали влияние на клетки трех концентраций фенола: 0,01; 0,05 и 0,1 мг/дм³)

© Долгих О.В., Предеина Р.А., Дианова Д.Г., 2014

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

Предеина Регина Атласовна – младший научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики (e-mail: itkinina-regina@yandex.ru, тел.: 8-(342)-236-39-30).

Дианова Дина Гумеровна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточных методов диагностики (e-mail: dianovadina@rambler.ru, тел.: (342) 236-39-30).

по оценке визуальных изменений мембраны иммуноцитов и оценке фагоцитарной активности нейтрофилов.

Для статистической обработки результатов исследования применяли методы математической статистики на базе современного компьютерного обеспечения с использованием программы Microsoft® Office Excel 2003 и пакета статистического анализа Statistica 6.0 (StatSoft, США). Для оценки уровня достоверности полученных результатов использовали параметрический критерий Стьюдента (сравнение групп по количественным признакам). Различия полученных результатов являлись статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Для изучения взаимосвязи двух метрических переменных, измеренных на одной и той же выборке, применялся коэффициент корреляции Спирмена. Результаты исследования представлены в виде среднего значения (M) и ошибки среднего (m) изученных показателей.

Результаты и их обсуждение. Проведен анализ модулирующего действия фено-

ла на показатели регуляции иммунной системы в условиях эксперимента. В результате оценки спонтанной продукции цитокинов клетками периферической крови обследуемых детей, характеризующей текущую активацию клеток иммунной системы, установлено статистически значимое ($p < 0,05$) повышение уровня содержания ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИЛ-8 в 3,4; 4,1 и 5,8 раза соответственно у детей основной группы по отношению к аналогичным показателям группы сравнения (табл. 1).

При исследовании спонтанной продукции ИЛ-17, ФНО- α и ИФН- γ у детей группы наблюдения обнаружено снижение данных показателей в 2,8; 1,9 и 2,6 раза соответственно по отношению к группе сравнения (см. табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют, что у детей, проживающих в условиях внешнесредового воздействия фенолов, наблюдается супрессия иммунного ответа с замедлением апоптотической активности лимфоцитов (снижение ФНО- α) и нарушением

Таблица 1

Сравнительная характеристика продукции цитокинов мононуклеарами у детей, пг/мл

Показатель продукции цитокинов		Основная группа ($n=85$)	Группа сравнения ($n=30$)	Межгрупповое различие (p)
ИЛ-1 β	Спонтанная	13,45 \pm 2,90	4,00 \pm 1,07	0,003
	Индуцированная митогеном	7560,31 \pm 552,19	4569,83 \pm 414,06	0,000
	Индуцированная фенолом	799,49 \pm 133,29	193,10 \pm 10,95	0,001
ИЛ-4	Спонтанная	0,71 \pm 0,05	1,40 \pm 0,15	0,000
	Индуцированная митогеном	1,48 \pm 0,11	4,26 \pm 0,35	0,000
	Индуцированная фенолом	0,85 \pm 0,05	3,57 \pm 0,34	0,000
ИЛ-6	Спонтанная	65,30 \pm 9,79	15,79 \pm 5,09	0,022
	Индуцированная митогеном	29241,73 \pm 1527,21	19556,67 \pm 1359,10	0,000
	Индуцированная фенолом	9373,95 \pm 970,08	1850,69 \pm 307,58	0,000
ИЛ-8	Спонтанная	1900,62 \pm 294,56	325,04 \pm 79,83	0,001
	Индуцированная митогеном	27100,86 \pm 1466,79	19506,67 \pm 1765,85	0,004
	Индуцированная фенолом	20296,24 \pm 1921,33	935,02 \pm 203,51	0,000
ИЛ-10	Спонтанная	2,68 \pm 0,76	2,07 \pm 0,28	0,171
	Индуцированная митогеном	176,69 \pm 24,79	99,81 \pm 8,89	0,028
	Индуцированная фенолом	27,07 \pm 4,85	17,52 \pm 1,88	0,166
ИЛ-17	Спонтанная	1,40 \pm 0,13	3,97 \pm 0,15	0,000
	Индуцированная митогеном	16,33 \pm 3,80	28,16 \pm 3,55	0,486
	Индуцированная фенолом	1,94 \pm 0,49	5,09 \pm 0,24	0,062
ФНО- α	Спонтанная	5,00 \pm 0,91	9,51 \pm 0,96	0,001
	Индуцированная митогеном	1991,40 \pm 175,66	3036,67 \pm 270,53	0,002
	Индуцированная фенолом	111,15 \pm 21,28	105,39 \pm 8,88	0,877
ИФН- γ	Спонтанная	2,18 \pm 0,49	5,60 \pm 0,85	0,001
	Индуцированная митогеном	647,61 \pm 108,14	300,17 \pm 40,15	0,023
	Индуцированная фенолом	3,07 \pm 0,51	7,85 \pm 1,05	0,316

Таблица 2

Показатели фагоцитарного звена иммунитета у детей в условиях эксперимента *ex vivo*

Показатель	Спонтанный уровень		p_1	Уровень, индуцированный фенолом		p_2	p_3	p_4
	Основная группа ($n=17$) $M \pm m$	Группа сравнения ($n=15$) $M \pm m$		Основная группа ($n=17$) $M \pm m$	Группа сравнения ($n=15$) $M \pm m$			
Процент фагоцитоза	43,82 \pm 2,2	52,00 \pm 3,1	<0,05	39,00 \pm 2,5	51,47 \pm 3,4	<0,05	<0,05	>0,05
Фагоцитарное число, усл. ед.	0,71 \pm 0,05	0,92 \pm 0,08	<0,05	0,53 \pm 0,04	0,84 \pm 0,07	<0,05	<0,05	>0,05
Абсолютный фагоцитоз, $10^9/\text{л}$	1,300 \pm 0,1	2,850 \pm 0,5	<0,05	1,16 \pm 0,1	2,66 \pm 0,5	<0,05	>0,05	>0,05

Примечание:

 p_1 – достоверность межгрупповых различий ($p < 0,05$) спонтанного фагоцитоза; p_2 – достоверность межгрупповых различий ($p < 0,05$) индуцированного фагоцитоза; p_3 – достоверность различий ($p < 0,05$) спонтанного и индуцированного фагоцитоза в основной группе; p_4 – достоверность различий ($p < 0,05$) спонтанного и индуцированного фагоцитоза в группе сравнения.

баланса цитокинпродуцирующей активности иммуноцитов, характеризующимся интенсификацией регуляции иммунного ответа за счет примитивных лейкоцитарных ростков (ИЛ-1 β , ИЛ-8) и угнетением Th1-звена иммунитета (снижение ИФН- γ).

Обнаружено, что клетки периферической крови обследуемых детей обладают высоким цитокинпродуктивным потенциалом, что проявляется в статистически значимом повышении продукции изучаемых цитокинов в режиме митогенной стимуляции. Это связано, с одной стороны, с особенностью клеток детского организма к быстрому ответу, с другой – отражает биологическое значение исследуемых цитокинов как активаторов и регуляторов многих физиологических и патологических процессов.

В сравнительном анализе митогениндуцированной продукции цитокинов установлено достоверное ($p < 0,05$) повышение выработки ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-10 и ИФН- γ клетками крови детей основной группы в 1,7; 1,5; 1,4; 1,8 и 2,2 раза по сравнению с аналогичными показателями группы сравнения (табл. 2). Подобранная опытным путем для условий эксперимента рабочая концентрация фенола, равная 0,05 мг/дм³, характеризовалась отсутствием визуальных изменений мембраны иммунных клеток и не вызывала потерю способности нейтрофилов к фагоцитозу.

В результате исследования стимулированной фенолом продукции цитокинов мононуклеарами периферической крови обнаружено, что фенол в концентрации 0,05 мг/дм³ оказывает цитокиностимулирующее влияние в отношении как про-, так и противовоспалительных цитокинов. При этом фенол обладает более существенной способностью активировать синтез цитокинов при взаимодействии с клетками крови детей, проживающих в условиях внешнесредового воздействия фенолов. Так, у детей основной группы выявлена повышенная фенолиндуцированная активация синтеза ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-10 и ФНО- α – в 1,2; 1,2; 3,7; 1,2 и 2,0 раза соответственно по отношению к аналогичным показателям группы сравнения. При этом не наблюдалось активации синтеза ИЛ-17 и ИФН- γ при влиянии фенола у детей основной группы.

Исследование фагоцитарного звена иммунитета в условиях экспериментальной экспозиции фенолом у детей основной группы показало статистически значимое ($p < 0,05$) снижение относительного фагоцитоза и фагоцитарного числа (табл. 2).

Полученные данные свидетельствуют об угнетении фагоцитарной активности иммуноцитов под действием фенола у детей с содержанием его в крови, изначально превышающим фоновую концентрацию и концентрацию группы сравнения.

Выводы. Экспериментально доказано модулирующее действие фенола на продукцию цитокинов мононуклеарами и фагоцитарную активность нейтрофилов, что выражается достоверной стимуляцией индуцированной фенолом продукции ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-10, ФНО- α в 1,2; 1,2; 3,7; 1,2 и 2,0 раза по отношению к группе сравнения, супрессией индуцированной продукции по критериям ИНФ- γ и ИЛ-17, снижением относительного фагоцитоза и фагоцитарного числа.

Список литературы

1. Гигиенические аспекты нарушения здоровья детей при воздействии химических факторов среды обитания / под ред. Н.В. Зайцевой. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 489 с.
2. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Модуляция жизненного цикла клетки в условиях экспозиции фенолами // Казанский медицинский журнал. – 2012. – Т. XCIII, № 4. – С. 683–687.
3. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Дианова Д.Г. Особенности клеточного звена иммунитета у детей в условиях внешнесредовой экспозиции толуолом, формальдегидом, фенолом // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 5 (2). – С. 341–343.
4. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт) / С.Л. Авалиани, М.М. Андрианова, Е.В. Печенникова, О.В. Пономарева. – М., 1996. – 159 с.
5. Bernard S.M. The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States // *Environ. Health. Perspect.* – 2001. – Vol. 109, suppl. 2. – P. 199–209.
6. Braga M. Environment and T regulatory cells in allergy // *Science of The Total Environment*. – 2012. – Vol. 423. – P. 193–201.
7. Descotes J. Assessment of immunotoxic effects in humans // *Clin. Chem.* – 1995. – Vol. 41, № 12. – P. 1870–1873.
8. Descotes J., Vial Th. Immunotoxic effects of xenobiotics in humans: A review of current evidence // *Toxicology in Vitro*. – 1994. – Vol. 8, № 5. – P. 963–966.
9. Duramad P. Cytokines and other immunological biomarkers in children's environmental health studies // *Toxicol. Lett.* – 2007. – Vol. 172 (1–2). – P. 48–59.

References

1. Gigienicheskie aspekty narusheniya zdorov'ya detey pri vozdeystvii khimicheskikh faktorov sredy obitaniya [Hygienic aspects of children's health violation from exposure to chemical environmental factors]. Ed. N.V. Zaytseva. Perm': Knizhnyy format, 2011. 489 p.
2. Zaytseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Modulyatsiya zhiznennogo tsikla kletki v usloviyakh ekspozitsii fenolami [Modulation of cell cycle life under phenol exposure]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*, 2012, vol. XCIII, no. 4, pp. 683–687.
3. Zaytseva N.V., Dolgikh O.V., Dianova D.G. Osobennosti kletoch'nogo zvena immuniteta u detey v usloviyakh vneshnesredovoy ekspozitsii toluolom, formal'degidom, fenolom [Peculiarities of cellular immunity in children in the conditions of environmental exposure to toluene, formaldehyde, phenol]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2012, vol. 14, no. 5 (2), pp. 341–343.
4. Avaliani S.L., Andrianova M.M., Pechennikova E.V., Ponomareva O.V. Okruzhayushchaya sreda. Otsenka riska dlya zdorov'ya (mirovoy opyt) [Environment. Health risk assessment (international experience)]. Moscow, 1996. 159 p.
5. Bernard S.M. The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States. *Environ. Health. Perspect.*, 2001, vol. 109, suppl. 2, pp. 199–209.
6. Braga M. Environment and T regulatory cells in allergy. *Science of The Total Environment*, 2012, vol. 423, pp. 193–201.
7. Descotes J. Assessment of immunotoxic effects in humans. *Clin. Chem.*, 1995, vol. 41, no. 12, pp. 1870–1873.
8. Descotes J., Vial Th. Immunotoxic effects of xenobiotics in humans: A review of current evidence. *Toxicology in Vitro*, 1994, vol. 8, no. 5, pp. 963–966.
9. Duramad P. Cytokines and other immunological biomarkers in children's environmental health studies. *Toxicol. Lett.*, 2007, vol. 172 (1–2), pp. 48–59.

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF PHENOL INFLUENCE ON IMMUNOREGULATION *EX VIVO*

O.V. Dolgikh^{1,2}, R.A. Predeina¹, D.G. Dianova¹

¹ FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive
Health Risk Management Technologies",
82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia,

² FSBEI HPE "Perm State National Research University",
15, Bukireva St., Perm, 614990, Russia

The peculiarities of immune disorders in the conditions of experimental phenol exposure have been determined, which are characterized by changing the quantitative composition of the cellular component of the immune system, inhibition of the apoptotic activity of immune cells and dysregulation of the immune response towards Th2-type prevail, which could lead to the development of autoimmune and oncoproliferating processes.

Key words: experimental studies, phenol, apoptosis, immune regulation.

© Dolgikh O.V., Predeina R.A., Dianova D.G., 2014

Dolgikh Oleg Vladimirovich – MD, Professor, Head of Department of Immunobiological Diagnostic Methods, Professor of Academic Department of Human Ecology and Life Safety (e-mail: oleg@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Predeina Regina Atlasovna – junior research associate at Department of Immunobiological Diagnostic Methods (e-mail: itkinina-regina@yandex.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Dianova Dina Gumerovna – CM, senior research associate of the Laboratory of Cellular Diagnostic Methods (e-mail: dianovadina@rambler.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

УДК 613.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРОЯТНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ГРАЖДАН РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРНЫХ УСЛОВИЙ ИСЧИСЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ

В.Б. Алексеев¹, Д.А. Кирьянов¹, М.Ю. Цинкер¹, М.Р. Камалтдинов¹, О.С. Новикова²

¹ ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»,

Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, д. 82,

² ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный университет»,
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Для анализа вероятных последствий влияния на жизнедеятельность и здоровье граждан различных сценарных условий исчисления времени в качестве основного фактора воздействия рассматривалось отклонение (сдвиг) административного времени относительно астрономического – коэффициент абсолютного десинхроноза. В качестве показателей ответа на фактор воздействия использовались показатели заболеваемости населения субъектов РФ.

На базе построенных статистических зависимостей были определены оптимальные уровни коэффициента абсолютного десинхроноза. По критериям риска дополнительной первичной заболеваемости детского населения оптимальные значения коэффициента абсолютного десинхроноза находятся в диапазоне 56–92 мин; по критериям риска дополнительной первичной заболеваемости взрослых: 71–129 мин.

Оценка вероятных последствий влияния на здоровье граждан того или иного сценария исчисления времени в субъекте РФ, проведенная посредством анализа коэффициента десинхроноза, формирующегося при определенном сценарии, показала, что при существующем распределении субъектов РФ по часовым зонам ни один из анализируемых сценариев исчисления времени не окажется оптимальным абсолютно для всех регионов. Более того, 12 субъектов РФ не достигают оптимальных значений коэффициента десинхроноза при любом из рассматриваемых сценариев исчисления времени.

Исчисление времени в соответствии со своим астрономическим (поясным, географическим) является неоптимальным по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения во всех субъектах РФ и не может рассматриваться в качестве варианта выбора. Минимизация риска от применения каждого из обсуждаемых сценариев исчисления времени (*постоянное летнее, с сезонными переходами зимнее/летнее*) возможно лишь пересмотром числа часовых зон и их состава в целях приближения значений смещения административного времени в субъектах РФ к оптимальным значениям, что минимизирует риски дополнительной заболеваемости населения, ассоциируемой с десинхронозом.

Наименьших переделов для минимизации риска требует сценарий исчисления времени *с сезонными переходами на «зимнее» и «летнее» время* (потребуется воссоздание двух часовых зон и принятие решения о перераспределении относительно часовых зон для 22 субъектов РФ).

Ключевые слова: исчисления времени, коэффициент абсолютного десинхроноза, дополнительная заболеваемость, минимизация риска.

© Алексеев В.Б., Кирьянов Д.А., Цинкер М.Ю., Камалтдинов М.Р., Новикова О.С., 2014

Алексеев Вадим Борисович – доктор медицинских наук, заместитель директора по организационно-методической работе (e-mail: vadim@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-32-70).

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

Камалтдинов Марат Ришидович – младший научный сотрудник (e-mail: kamaltdinov@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

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

Новикова Ольга Сергеевна – магистрант (e-mail: root@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Вопросы управления риском здоровью населения могут иметь практическое значение в аспекте гармонизации системы исчисления времени в стране.

Правовые основы исчисления времени в Российской Федерации на текущий момент определяет Федеральный закон РФ № 107-ФЗ от 03.06.2011 г. «Об исчислении времени», который устанавливает в стране часовые зоны и их границы с учетом границ субъектов Российской Федерации. Принятое в развитие указанного закона Постановление Правительства РФ № 725 от 31.08.2011 г. «О составе территорий, образующих каждую часовую зону, и порядке исчисления времени в часовых зонах, а также о признании утратившими силу отдельных Постановлений Правительства Российской Федерации» отменило возможность перевода стрелок часов: «...*московское время исчисляется в национальной шкале времени Российской Федерации UTC плюс 4 часа. Сезонный перевод часов не осуществляется, счет часов и минут в течение календарного дня не изменяется*». При определении целесообразности перехода на постоянное летнее время и формировании необходимого числа часовых зон в Российской Федерации разработчики нормативных документов (Департамент государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России) постарались учесть все возможные факторы: медико-биологический; экономический; производственный и управленческий; национальный и геополитический; нормативно-правовой; международный; метрологический. Но решающим был определен фактор увеличения эффективно используемого населением светлого времени суток. Объективный анализ 11 различных вариантов исчисления времени в России – с применением ежегодного перехода на летнее время и обратно или без такого перехода, а также с выбранным смещением часовой зоны каждого субъекта РФ от гринвичского времени – с точки зрения рациональности использования населением светлого времени суток и, соответ-

ственно, продолжительности использования искусственного освещения учреждениями, предприятиями, организациями, позволил сформировать систему часовых зон так, чтобы наивысшее положение солнца над горизонтом (астрономический полдень) приходилось не на 12 часов, а на середину периода активности населения в соответствии с типичными для регионов графиками рабочего дня. Тогда «потери» светлого времени суток будут минимальными [4].

Действующий на сегодняшний день порядок исчисления времени устанавливает постоянный сдвиг административного времени относительно астрономического плюс два часа. Разница во времени с Европой в зимний период стала составлять три часа.

Справедливости ради, необходимо отметить, что 2-часовой десинхронизм установился далеко не во всех субъектах РФ. За счет массового сдвига областей, краев, республик в соседние (предыдущие) часовые зоны в период 1981–2010 гг. фактически административное время опережает поясное (астрономическое) на 2 часа только в 22 субъектах РФ, на 1 час – в 54; 7 регионов России, среди которых Республика Коми, Ненецкий автономный округ, восток Чукотки, живут в соответствии со своим географическим временем.

Обращения граждан на все уровни государственной власти и социологические исследования показывают, что часть населения субъективно ощущает негативные изменения в состоянии своего здоровья, ассоциируемые со сменой системы исчисления времени [2].

Выводы, выносимые на обсуждение в СМИ, сделанные по результатам немногочисленных исследований по проблеме смены порядка исчисления времени, противоречивы, часто тенденциозны и классифицируются по сценарию исчисления, который ими обосновывается:

– исчисление времени возможно только в соответствии со своим астрономическим (поясным), так как смещение времени не несет значительных экономических выгод, более того, ведет к потерям (в аграр-

ном хозяйстве) и вызывает значимые негативные тренды в показателях здоровья населения [1];

– исчисление времени необходимо и возможно администрировать («декретное круглогодичное»; «декретное + 1 час» на летний период; «декретное + 1 час» круглогодично), так как есть экономическая целесообразность, отсутствуют долговременные и тяжелые последствия для здоровья индивидуума за счет эндогенных механизмов саморегуляции, обеспечивающих адаптацию к внешнему десинхронозу, что подтверждается отсутствием зависимости популяционных показателей здоровья (смертности) от практикуемых систем исчисления времени, более того, снижается число ДТП с летальными исходами и тяжелыми увечьями [5].

При финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации Федеральным бюджетным учреждением науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения» выполнен сравнительный анализ объективных последствий возможного влияния на жизнедеятельность и здоровье людей различных сценарных условий исчисления времени – в популяции и в уязвимых группах населения.

Цель исследования – оценка и выбор эффективного сценария исчисления времени (по критерию минимального риска для здоровья населения)

Материалы и методы. Решение задачи сравнительной оценки сценариев исчисления времени по медико-биологическим критериям носило многосторонний характер, опиралось на несколько информационных источников и проводилось по трем направлениям:

- теоретические исследования;
- эпидемиолого-статистические исследования;
- экспериментальные исследования.

Теоретические исследования осуществлялись методом аналитического обзора научных публикаций, посвященных патогене-

тическим механизмам влияния различных сценарных условий исчисления времени на устойчивость адаптационно-компенсаторных механизмов поддержания гомеостаза межсистемных циркадных ритмов на субклеточном, клеточном, органном и организменном уровнях; по механизмам развития внутреннего десинхроноза и наиболее значимым интегральным показателям, позволяющим оценить степень и тяжесть десинхроноза и/или темпы ресинхронизации; по наиболее вероятным моделям развития соматической патологии, обусловленной десинхронозом, условиям, релизинг-факторам и патофизиологическим механизмам их реализации в классы заболеваний и конкретные нозологические единицы.

Эпидемиолого-статистические исследования основывались на анализе информации популяционного уровня, агрегированной по субъектам Российской Федерации. При этом в рамках статистических исследований проводилось изучение закономерностей регионального распределения показателей здоровья населения в связи с существующей системой исчисления времени. Эпидемиологические исследования содержали детальный сравнительный анализ показателей здоровья на сопредельных территориях, существенно различающихся по системе исчисления времени, но схожих по географическому расположению, климатическим и социально-экономическим условиям.

В качестве обработки данных использовались стандартные средства офисных приложений, в том числе MS Excel 7.0; Statistica Advanced 9.0; Statistica Automated Neural Networks 9.0; PASW Statistics 18.0. Предварительный анализ данных, визуализация результатов проводились на MS Excel, методы моделирования и проверки гипотез – с использованием программного комплекса Statistica.

Основная идея проведения статистических исследований на уровне регионов Российской Федерации заключается в предположении о том, что смещение административного от астрономического времени

изменяет долю светлого времени суток, приходящуюся на период бодрствования человека, что, в свою очередь, оказывает негативное влияние на состояние здоровья.

Принимая во внимание сложность и неопределенность проверки такой гипотезы на индивидуальном уровне, в статистическом исследовании оценивалось воздействие на уровне больших популяций. Более того, для исключения фактора субъективности оценок в качестве базового статистического материала использовалась открытая легитимная информация, собираемая и предоставляемая специально уполномоченными органами. Источником информации для проведения статистических исследований послужили следующие справочные материалы, издаваемые Министерством здравоохранения России:

– «Заболеваемость населения России» (ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения»);

– «Медико-демографические показатели Российской Федерации» (Министерство здравоохранения России).

Оценка территориального распределения показателей здоровья проведена за 2010–2011 гг., в течение которых была изменена система часового деления РФ (изменились число и состав часовых зон), а также осуществлена смена системы исчисления времени (переход на постоянное летнее время).

В качестве методологии проверки гипотезы использовался системный анализ, основанный на методах математической статистики и оценки риска [3].

В качестве основного действующего фактора при статистических исследованиях рассматривалось отклонение административного времени от астрономического (поясного), которое описывается коэффициентом абсолютного десинхроноза. Источниками информации для расчета коэффициента абсолютного десинхроноза послужили:

– распределение регионов Российской Федерации по часовым зонам, закрепленное

постановлением Правительства РФ № 725 от 31 августа 2011 г.;

– географическая широта и долгота региональных центров.

Для вычисления разницы между административным и астрономическим временем на территории Российской Федерации определялось астрономическое время для каждого регионального центра, исходя из его географических координат с точностью до минут.

Моделирование зависимостей показателей здоровья от параметров исчисления времени выполнялось методом регрессионного анализа, сопровождающегося проверкой статистических гипотез об адекватности модели статистическим данным, что основывалось на дисперсионном анализе и критерии Фишера. В рамках этой процедуры выполнялся расчет коэффициента детерминации модели (R^2), отражающего вклад фактора в дисперсию зависимой переменной. Кроме того, проводилась экспертиза на соответствие теоретически обоснованным биологическим механизмам возможного влияния системы исчисления времени на здоровье человека.

В рамках анализа и обобщения результатов моделирования проводился расчет числа дополнительных случаев, обусловленных изменением системы исчисления времени. Расчеты основывались на моделях зависимостей отдельных показателей здоровья от коэффициента абсолютного десинхроноза. Расчет дополнительных случаев выполнялся для отдельных регионов, отвечающих следующим условиям:

– показатель здоровья (заболеваемость или смертность) принимает значения выше среднероссийского уровня;

– коэффициент абсолютного десинхроноза находится вне области оптимальных значений.

При расчете дополнительных случаев учитывался коэффициент детерминации моделей.

Основной целью проведения эпидемиологических исследований являлось определение возможных различий в состоя-

нии здоровья всего населения и отдельных «уязвимых» групп для модельных территорий, имеющих существенную разницу в исчислении времени.

В качестве модельных территорий были выбраны два крупных индустриальных города, являющихся административными центрами сопредельных субъектов РФ: г. Пермь с коэффициентом абсолютного десинхроноза 144 минуты и г. Ижевск с коэффициентом абсолютного десинхроноза 24 минуты.

В рамках настоящей научно-исследовательской работы в качестве чувствительных групп населения рассматривались дети (0–15 лет) и взрослые пенсионного возраста (старше 60 лет).

В качестве источника информации использовались подготовленные данные по обращаемости населения за скорой медицинской помощью и в медицинские учреждения по данным ТФОМС.

Исследовались даты осуществленных и отмененных переводов часов:

- на час вперед: 29.03.2009 г., 28.03.2010 г. (Удмуртская Республика в этом году не осуществила переход на летнее время в целях перемещения в московскую часовую зону), 27.03.2011 г.;

- на час назад: 25.10.2009 г., 31.10.2010 г.;

- 30.10.2011 г. (дата отмененного перевода на зимнее время).

Условия анализа предполагали исследование суточной динамики обращаемости за 2 недели до и 2 недели после даты осуществленного или отмененного перевода часов.

Программа эпидемиологических исследований предусматривала анализ обращаемости населения модельных территорий за медицинской помощью по данным, собирающимся в системе ОМС, и позволяла выполнять исследование всех случаев обращений населения за медицинской помощью (по реестрам, представленным к оплате медицинскими организациями), а также по данным, зафиксированным в информационной службе городских станций скорой медицинской помощи, отражающим острые случаи заболеваний.

Исследование динамики обращаемости населения за медицинской помощью заключалось в сравнительной оценке показателей по следующим вариантам:

- сравнение динамики показателей между модельными территориями за одинаковые временные интервалы;

- сравнение динамики показателей для отдельной модельной территории по временным интервалам, соответствующим разным сценариям исчисления времени.

При подготовке материалов для анализа учитывались недельные колебания показателей обращаемости. Учет недельной составляющей проводился методом «скользящего окна» – последовательного осреднения числа случаев обращений за медицинской помощью в течение недели (± 3 дня от расчетной даты). Сглаживание исходных данных методом «скользящего окна» позволяет устранить влияние мешающего эффекта, связанного со сменой рабочих и выходных дней.

Сравнение динамических рядов данных выполнялось на основе критерия сравнения для зависимых выборок.

Целями *экспериментальных исследований* были определение влияния различных сценарных условий исчисления времени на жизнедеятельность живых организмов и исследование полиморфизма генов человека как маркера формирования наследственной предрасположенности к адаптации/деадаптации в условиях десинхроноза.

Экспериментальные исследования влияния различных сценарных условий исчисления времени на жизнедеятельность живых организмов осуществлялись путем моделирования десинхроноза у 6 взрослых особей и одного детеныша приматов вида Японский макак (лат. *Macaca fuscata*). В ходе экспериментальных исследований проводилось изучение влияния смещения режимов кормления (относительно естественного светового дня) на жизнедеятельность приматов и изменение параметров поведения, выраженное в проявлении локомоции (перемещение животных в пространстве, обусловленное их активными

действиями), груминга (активное поведение животных, направленное на очистку поверхности тела), пищевой деятельности (еда), агрессии. Кроме того, изучалась степень стрессированности животных путем проведения измерений уровня гормонов в их моче. Определение параметров поведения заключалось в визуальном наблюдении за животными. Замер биохимических показателей, отражающих степень стрессированности приматов (кортизола и кортикостерона) производится с помощью методов бесконтактного анализа (ИФА) уровня гормонов в пробах мочи.

Экспериментальные исследования возможности наследования предрасположенности к адаптации/дезадаптации в условиях десинхроноза осуществлялись путем изучения полиморфизма маркерных генов человека на двух модельных территориях (Пермский край и Удмуртская Республика), население которых проживает в условиях различных значений десинхроноза. На каждой модельной территории были отобраны по 50 парных проб пуповинной крови новорожденных детей и крови рожениц.

На основании литературных данных в качестве маркерных генетических показателей выбраны гены рецепторов мелатонина MTNR1B, MTNR1A и часовые гены Per2 и Cry1 (периодические и криптохромные), а в качестве критерия возможных нарушений – степень их полиморфизма (SNP).

Подсчитывался процент гомозигот и гетерозигот. Частоты аллелей использовались в дальнейшем для расчёта их распространенности в популяциях. Расчетная распространенность аллелей изучаемых генов в исследуемых популяциях сравнивалась с цитируемой по данным специальных литературных источников.

Результаты и их обсуждение. На основе анализа научных публикаций теоретически обосновано существование риска развития функциональных нарушений и патологических состояний со стороны органов и систем организма человека в ответ на десинхроноз, развивающийся при реализации административных сценариев исчисления

времени, предусматривающих его сезонное или круглогодичное смещение относительно истинного астрономического (географического, поясного, солнечного). Десинхроноз обуславливает развитие неспецифической соматической патологии, реализующейся в классах заболеваний и конкретных нозологических единицах, которые условно можно считать «маркерными» для него в силу совпадения начала развития и обострения патологии со срывом адаптации в периоды смены порядка исчисления времени.

В рамках эпидемиолого-статистического направления проведено моделирование негативных либо позитивных последствий установления того или иного сценария исчисления времени.

В ходе статистического моделирования было проанализировано:

- 166 зависимостей для различных видов заболеваний у детского населения;

- 166 зависимостей для различных видов заболеваний у взрослого населения.

На основе данных научных публикаций из всех статистически достоверных зависимостей по заболеваемости населения сделан обоснованный с медико-биологической точки зрения выбор 11 маркерных по десинхронозу классов болезней и отдельных заболеваний для последующей оценки последствий от смены исчисления времени. Среди них: болезни глаза и его придаточного аппарата, в том числе миопия; болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани; острые воспалительные заболевания верхних дыхательных путей; болезни печени; неинфекционный энтерит и колит; расстройства оварийно-менструального цикла у женщин; симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках; травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин; эпилепсия, эпилептический статус; болезни органов кровообращения.

Полученные статистические модели описывают влияние коэффициента абсолютного десинхроноза на показатели пер-

вичной заболеваемости детского и взрослого населения, при этом вклад десинхроноза в отклонение показателей здоровья в среднем составляет 8,1 % для детей и 7,9 % – для взрослых. На базе построенных зависимостей были определены оптимальные уровни коэффициента абсолютного десинхроноза. По критериям риска дополнительной первичной заболеваемости детского населения оптимальные значения коэффициента абсолютного десинхроноза находятся в диапазоне 56–92 мин; по критериям риска дополнительной первичной заболеваемости взрослых: 71–129 мин.

Анализ результатов расчетов позволил определить оптимальный уровень коэффициента абсолютного десинхроноза, составляющий для детского населения 79 минут, для взрослого – 86 минут. В целом можно заключить, что для всех групп населения оптимум смещения находится в период около полутора часов относительно астрономического времени.

На основе полученных моделей и оптимальных значений среднегодового коэффициента абсолютного десинхроноза были выполнены прогнозные расчеты дополнительных случаев заболеваемости детского и взрослого населения. Расчеты показали наличие существенной неравномерности регионального распределения дополнительных случаев заболеваний, объяснимой особенностями регионального распределения значений десинхроноза – удаленности от зон оптимума. Максимальное число дополнительных случаев прогнозируется в сценарных условиях постоянного «зимнего» времени в Чукотском автономном округе, Республике Удмуртия, Ненецком автономном округе, Самарской и Ульяновской областях. При этом сценарии регионы, оказавшиеся сегодня в условиях своего астрономического (географического) времени, начнут его опережать. Для других сценарных условий распределение дополнительных случаев меняется. Исходя из анализа общих тенденций, можно заключить, что наихудшим сценарием является постоянное астрономическое время.

Этот вывод подтвердили результаты эпидемиологических исследований, проведенных по двум модельным территориям, различающимся по значению десинхроноза и вполне сравнимым по социально-экономическому и климато-географическому положению. Город Пермь соответствует системе исчисления времени с коэффициентом десинхроноза более 2 часов, а г. Ижевск – с десинхронозом около 0,25 часа.

Сравнительный анализ обращаемости населения за медицинской помощью (как скорой, так и амбулаторно-поликлинической) за различные годы показывает отсутствие устойчивых превышений показателей одного года над другими по городу Перми и явную тенденцию к росту показателей обращаемости в 2011 г. по городу Ижевску. Такое наблюдение согласуется с возможным влиянием смены исчисления времени, произошедшей в 2010 г. в Удмуртской Республике и повлекшей значительное сокращение доли светлого времени, приходящейся на период активности населения (Удмуртская Республика в марте 2010 г. перешла в Московскую часовую зону).

Моделирование зависимостей между долей светлого времени суток, приходящейся на период активности населения, и показателями обращаемости населения за медицинской помощью по поводу болезней и травм позволило выполнить прогнозирование числа дополнительных случаев заболеваний для различных сценариев. Анализ полученных прогнозных значений показал, что в текущем сценарии исчисления времени число дополнительных случаев заболеваний в г. Перми примерно в 10 раз ниже, чем в г. Ижевске по всем нозологическим формам и возрастным группам.

При реализации сценария исчисления времени, предусматривающего сезонного наблюдения, реализуемые в определенные даты переводом времени на 1 час вперед или назад, формируется риск негативного воздействия на организм за счет резкого «импульсного» изменения внешнего временного синхронизатора, требующего на-

пряжения адаптационных механизмов для ресинхронизации внутренних биоритмов.

В теоретических исследованиях показано, что часовое смещение внешнего временного синхронизатора как в одну, так и в другую сторону не должно приводить к каким-либо значимым негативным последствиям для здорового сформировавшегося организма, обладающего нормальным адаптационным потенциалом. При этом признается возможность негативных последствий от фактора смены исчисления времени для здоровья так называемых «уязвимых» (чувствительных) групп населения.

Анализ изменения динамики обращаемости населения за медицинской помощью до и после сезонной смены порядка исчисления времени показал, что влияния смены исчисления времени на здоровье уязвимых групп населения по данному критерию выражено неявно и носит характер тенденций. При этом на уровне чувствительных групп населения наблюдается двухнедельная адаптация к воздействию.

Возможность возникновения негативных последствий для здоровья от фактора смены исчисления времени и способность организма адаптироваться в условиях десинхроноза подтвердились результатами экспериментальных исследований: моделирования десинхроноза у приматов и изучения полиморфизма маркерных генов человека у рожениц и новорожденных детей на двух модельных территориях, различающихся значениями десинхроноза.

Смоделированный посредством смещения времени кормления приматов экспериментальный десинхроноз вызвал ответ в виде стрессовой реакции – повышение продукции гормонов стресса (кортизола и кортикостерона) и изменение поведенческих параметров (нервное состояние, крикливость, агрессия). К концу второй недели существования подопытных животных в условиях экспериментального десинхроноза наметилась явная тенденция к угасанию стрессовых реакций.

Оценка полиморфизма маркерных генов не выявила достоверных различий ме-

жду жительницами регионов, отличающихся значениями десинхроноза, и их новорожденными детьми и показала отсутствие наследственной предрасположенности к дезадаптации в условиях десинхроноза.

Оценка эффективности реализации того или иного сценария исчисления времени в субъекте РФ, проведенная посредством анализа оптимальности коэффициента десинхроноза, формирующегося при определенном сценарии, показала, что при существующем распределении субъектов РФ по часовым зонам ни один из анализируемых сценариев исчисления времени не окажется оптимальным абсолютно для всех регионов. Более того, 12 субъектов РФ не достигают оптимальных значений коэффициента десинхроноза при любом из рассматриваемых сценариев исчисления времени.

При реализации сценария постоянного летнего времени в течение всего года среднегодовые отклонения административного времени от астрономического в условиях существующего распределения регионов по часовым зонам окажутся неоптимальными (по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения) в 43 субъектах РФ, в 10 – значения коэффициента десинхроноза будут близкими к оптимальным, в 30 – оптимальными.

При реализации сценария постоянного зимнего времени в условиях существующего распределения по часовым зонам отклонения административного времени от астрономического окажутся неоптимальными уже для 66 субъектов РФ, близкими к оптимальным – в 12 субъектах и оптимальными – только в 5.

При возврате системы исчисления времени, предусматривающей сезонные переводы часов, неоптимальными по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения окажутся среднегодовые отклонения времени в 42 субъектах РФ, в 20 субъектах значения коэффициента десинхроноза будут близкими к оптимальным, в 21 – оптимальными.

Исчисление времени в соответствии со своим астрономическим (поясным, геогра-

фическим) является неоптимальным по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения во всех субъектах РФ и не может рассматриваться в качестве варианта выбора.

Для повышения эффективности (по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения) применения сценария исчисления времени «*постоянное летнее*» требуется воссоздание двух часовых зон (*московское время плюс 1 час и московское время плюс 9 часов*) и принятие решения о перераспределении относительно часовых зон для 25 субъектов РФ. При этом 18 регионов останутся с неоптимальными параметрами смещения административного времени.

Для повышения эффективности (по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения) применения сценария исчисления времени «*постоянное зимнее*» требуется ликвидация одной (*московское время минус 1 час*) и воссоздание трех часовых зон (*московское время плюс 1 час, московское время плюс 9 часов, московское время плюс 10 часов*) и принятие решения о перераспределении относительно часовых зон для 63 субъектов РФ.

Для повышения эффективности (по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения) применения сценария исчисления времени «*сезонные переходы на зимнее и летнее*» требуется воссоздание двух часовых зон (*московское время плюс 1 час и московское время плюс 9 часов*) и принятие решения о перераспределении относительно часовых зон для 22 субъектов РФ. При этом 20 регионов останутся с неоптимальными параметрами смещения административного времени.

Выводы:

1. Риск негативных последствий для здоровья населения зависит от значения коэффициента десинхроноза, выражающего смещение административного времени относительно астрономического.

2. По критериям риска дополнительной первичной заболеваемости детского населения оптимальные значения коэффициента абсолютного десинхроноза находятся в диапазоне 56–92 мин; по критериям риска дополнительной первичной заболеваемости взрослых – 71–129 мин.

3. Исчисление времени в соответствии со своим астрономическим (поясным, географическим) является неоптимальным по критерию минимизации риска дополнительной заболеваемости населения во всех субъектах РФ и не может рассматриваться в качестве варианта выбора.

4. При существующем распределении субъектов РФ по часовым зонам ни один из рассматриваемых сценариев исчисления времени («декретное круглогодичное»; «декретное + 1 час» на летний период; «декретное + 1 час» круглогодично) не будет оптимальным абсолютно для всех регионов РФ.

5. Наибольшее количество субъектов РФ с оптимальными или близкими к оптимальным значениями коэффициента десинхроноза (по критерию риска дополнительной заболеваемости населения) складывается при сценариях «декретное + 1 час» круглогодично (постоянное летнее) и «декретное + 1 час» на летний период (сезонные переводы часов зима/лето).

6. Управление риском здоровью населения в аспекте гармонизации системы исчисления времени (выбора того или иного сценария) возможно по критерию риска дополнительной заболеваемости, зависящего от коэффициента абсолютного десинхроноза.

Список литературы

1. Апрелев В.П. Хронологическая война // Природа и человек. XXI век. – 2009. – № 11. – С. 40–42.
2. Медико-социальные риски десинхронизации административного и астрономического времени в оценках населения регионов России / В.Б. Алексеев, Н.А. Лебедева-Несевря, А.О. Барг, О.Ю. Дугина, В.К. Гасников // Социальные аспекты здоровья населения. – 2012. – № 5. – URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/437/27/lang.ru/> (дата обращения: 02.09.2013).

3. Методические подходы к оценке интегрального риска здоровью населения на основе эволюционных математических моделей / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 3. – С. 6–9.
4. Новиков Н.Ю. Отмена переходов на летнее и зимнее время в Российской Федерации // Федеральный справочник. – М., 2011. – Вып. 25. – С. 189–194.
5. Панин А.В. Переведем стрелки часов в последний раз // Экология и жизнь. – 2011. – № 3. – С. 76–78.

References

1. Alekseev V.B., Lebedeva-Nesevrya N.A., Barg A.O., Dugina O.Yu., Gasnikov V.K. Mediko-sotsial'nye riski de-sinkhronizatsii administrativnogo i astronomicheskogo vremeni v otsenkakh naseleniya regionov Rossii [Medical and social risks of jetlag of administrative and astronomical time in the estimates of the population of Russian regions]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2012, no. 5. Available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/437/27/lang.ru/>.
2. Aprelev V.P. Khronologicheskaya voyna [Chronological war]. *Priroda i chelovek. XXI vek*, 2009, no. 11, pp. 40–42.
3. Zaytseva N.V., Shur P.Z., May I.V., Kir'yakov D.A. Metodicheskie podkhody k otsenke integral'nogo riska zdorov'yu naseleniya na osnove evolyutsionnykh matematicheskikh modeley [Methodological approaches to evaluating the integral health risk on the basis of evolutionary mathematical models]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2011, no. 3, pp. 6–9.
4. Novikov N.Yu. Otmena perekhodov na letnee i zimnee vremya v Rossiyskoy Federatsii [Cancel of daylight saving time in the Russian Federation]. *Federal'nyy spravochnik*, Moscow, 2011, issue 25, pp. 189–194.
5. Panin A.V. Perevedem strelki chasov v posledniy raz [Set the switches for the last time]. *Ekologiya i zhizn'*, 2011, no. 3, pp. 76–78.

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXPECTABLE CONSEQUENCES OF IMPACT ON THE HEALTH OF CITIZENS OF DIFFERENT SCENARIO CONDITIONS OF TIME COMPUTATION

V.B. Alekseyev¹, D.A. Kiryanov¹, M. Tsinker¹, M.R. Kamaltdinov¹, O.S. Novikova²

¹ FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies",
82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia,

² FSBEI HPE "Perm State National Research University",
15, Bukireva St., Perm, 614990, Russia

To analyze expectable consequences of impact on the life and health of citizens of different scenarios of time computation, as the main impact factor the deviation (offset) of administrative time with respect to astronomical time – absolute jetlag coefficient was considered. As the indicators of response to the impact factor the indicators of population morbidity of entities of the Russian Federation were used.

On the basis of constructed statistical correlations the optimal levels of absolute jetlag coefficient were determined. By the risk criteria of additional primary children morbidity the optimal values of the absolute jetlag coefficient are in the range 56–92 min.; by the risk criteria of additional primary morbidity of adults: 71–129 min.

The assessment of the expectable consequences on the health of citizens of one or another scenario of time computation in the entity of the Russian Federation carried out by estimating the absolute jetlag coefficient, formed at a certain scenario, showed that at the current distribution of the RF entities across time zones, none of the analyzed scenarios for computing time would be optimal for absolutely all regions. Moreover, 12 entities of the Russian Federation do not reach the optimal values of the absolute jetlag coefficient in any of the scenarios of time computation considered.

Time computation in accordance with its astronomical time ((zone, geographical) is a non-optimal time by the criteria of minimizing the risk of additional morbidity in all entities of Russia and can not be

considered as a choice. Minimizing the risk from the use of each of the scenarios of time computation discussed (*permanent summer, with seasonal transitions summer / winter*) is possible only with the revision of the number of time zones and their composition in order to bring the administrative time offset values in the entities of the Russian Federation to the optimum values, which minimizes the risk of additional morbidity, associated with jetlag.

The least redistribution to minimize the risk scenario is required by the scenario of time computing with seasonal transitions to “winter” and “summer” time (required reconstruction of two time zones and taking a decision on the redistribution of relative time zones for 22 entities of the Russian Federation).

Key words: time computation, absolute jetlag coefficient, additional morbidity, risk minimization.

© Alexeyev V.B., Kiryanov D.A., Tsinker M.Y., Kamaltdinov M.R., Novikova O.S., 2014

Alexeyev Vadim Borisovich – DSc in Medicine, Deputy Director for organizational and methodological work (e-mail: vadim@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 236-32-70).

Kiryanov Dmitriy Aleksandrovich – CTS, Head of Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

Kamaltdinov Marat Rishidovich – junior research associate (e-mail: kamaltdinov@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

Tsinker Mikhail Yurievich – junior research associate (e-mail: cinker@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

Novikova Olga Sergeevna – master’s degree student (e-mail: root@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ РИСКА
ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ»**

В соответствии с планом основных организационных мероприятий Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на 2014 год в г. Перми **21–23 мая 2014 г.** планируется проведение Всероссийской научно-практической конференции с международным участием **«Актуальные проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания».**

Организаторы конференции: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Научные направления конференции

1. Фундаментальные, прикладные и правовые аспекты анализа риска здоровью при воздействии разнородных факторов среды обитания, гармонизация с международными требованиями.

2. Совершенствование системы социально-гигиенического и медико-биологического мониторинга, наилучшая лабораторная практика.

3. Оценка и доказательство вреда здоровью населения в задачах государственного контроля и надзора (расследования, исследования, экспертизы).

4. Предиктивная медицина (молекулярная медицина) – как современная стратегия эффективной профилактики неспецифических соматических заболеваний, ассоциированных с факторами среды обитания.

5. Современные аспекты медицины труда, производственно и экологически обусловленные нарушения репродуктивного здоровья работников (работниц).

Научная программа конференции включает в себя:

- проведение пленарных и секционных заседаний;
- тематические круглые столы;
- презентацию стендовых докладов;
- проведение конкурса «Лучшая работа молодого ученого»;
- учебный семинар «Современные методические подходы к оценке риска здоровью, связанного с разнородными факторами среды обитания»;
- лекции ведущих российских гигиенистов, эпидемиологов, организаторов госсанэпидслужбы и здравоохранения по актуальным проблемам безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания.

В рамках семинара будет проведена учеба по актуальным методам оценки риска здоровью при воздействии факторов среды обитания в соответствии с методическими рекомендациями.

По окончании семинара, слушателям оформляется удостоверение о тематическом усовершенствовании.

Форма участия в конференции очная:

- участие с докладом;
- участие со стендовым докладом;
- участие с публикацией (-ми), но без доклада;
- участие без публикации и доклада;

Адрес для переписки и местонахождение секретариата конференции:

614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82, каб. 213 и 214.

Контактные телефоны, факс, e-mail, web-site:

в г. Пермь: **факс** (342) 237-25-34. **e-mail:** forum@fcrisk.ru, Сайт ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» – www.fcrisk.ru