

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. Несевря  
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  
письменного разрешения издателя.

Подписано в печать 30.06.2014.  
Формат 90×60/8.  
Усл. печ. л. 13,5.  
Заказ № 116/2013.  
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

Журнал внесен в базу данных  
Ulrich's Periodicals Directory

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. Рувахлахти, 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. Ракицкий – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)  
С.И. Савельев – д.м.н., проф. (г. Липецк)  
В.Ф. Спиринов – 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. Шестопалов – д.м.н., проф. (г. Москва)  
П.З. Шур – д.м.н. (г. Пермь)

# 2

## Апрель 2014 Июнь

По материалам Всероссийской научно-практической  
конференции с международным участием «Актуальные  
проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения  
при воздействии факторов среды обитания»  
(21–23 мая 2014 г., г. Пермь)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ</b>	<b>URGENT ASPECTS OF RISK ANALYSIS</b>
<i>Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур</i> АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ В ЗАДАЧАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	<b>4</b> <i>G.G. Onishchenko, A.U. Popova, N.V. Zaitseva, I.V. May, P. Z. Shur</i> HEALTH RISK ANALYSIS IN THE TASKS OF IMPROVING SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE IN THE RUSSIAN FEDERATION
<i>Х.Х. Хамидулина</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКОГО ФАКТОРА И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА	<b>14</b> <i>Kh.Kh. Khamidulina</i> MODERN CHEMICAL FACTORS' RISK AND IMPACT MANAGEMENT INTERNATIONAL REQUIREMENTS AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE SYSTEM OF STATE SANITARY-EPIDEMIOLOGIC CONTROL
<b>НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА</b>	<b>SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO RISK ANALYSIS</b>
<i>Н.В. Зайцева, В.Б. Алексеев, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, Д.М. Шляпников, В.М. Чигвинцев</i> МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ ЛЕГКИХ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ, НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ	<b>19</b> <i>N.V. Zaitseva, V.B. Aleksyeyev, P.Z. Shur, D.A. Kiryanov, D.M. Shlyapnikov, V.M. Chigvintsev</i> METHODOLOGICAL PROVISION OF THE INDIVIDUAL RISK ASSESSMENT OF LUNG DISEASE ASSOCIATED WITH EXPOSURE TO DUST FACTOR OF WORKPLACE ON THE BASE OF EVOLUTIONARY MODELS
<i>В.Н. Дейнего, В.А. Капцов, А.И. Сорока</i> ВЛИЯНИЕ СВЕТА И ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА РИСК ДИСГАРМОНИЗАЦИИ СИНТЕЗА МЕЛАТОНИНА В ШИШКОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ	<b>30</b> <i>V.N. Deinego, V.A. Kaptsov, A.I. Soroka</i> INFLUENCE OF LIGHT AND PHYSICAL FIELDS ON RISK OF DISHARMONIZATION OF MELATONIN SYNTHESIS IN THE PINEAL GLAND
<i>А.Ф. Щербатов, В.Ф. Рапута, В.В. Турбинский, Т.В. Ярославцева</i> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПЫЛЬЮ ПО ДАННЫМ СНЕГОСЪЁМКИ НА ОСНОВЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОЛЕЙ ВЫПАДЕНИЙ	<b>42</b> <i>A.F. Sherbatov, V.F. Raputa, V.V. Turbinskiy, T.V. Yaroslavceva</i> ASSESSMENT OF AIR POLLUTION BY DUST ACCORDING TO DATA OBTAINED FROM SNOW SURVEY ON THE BASE OF FALL AREAS RECONSTRUCTION
<b>ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА</b>	<b>RISK ASSESSMENT PRACTICE</b>
<i>Т.А. Новикова, С.С. Райкин, В.С. Буянов, А.В. Спирин, Р.Б. Рахимов</i> УСЛОВИЯ ТРУДА КАК ФАКТОРЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У МЕХАНИЗАТОРОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	<b>48</b> <i>T.A. Novikova, S.S. Raykin, E.S. Buyanov, A.V. Spirin, R.B. Rakhimov</i> WORKING CONDITIONS AS OCCUPATIONAL RISK FACTORS FOR FUNCTIONAL DISORDERS IN AGRICULTURE MACHINE OPERATORS

- В.В. Феттер, А.Д. Поляков* **55** *V.V. Fetter, A.D. Polyakov*  
 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА  
 ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ,  
 ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХИМИЧЕСКОЙ  
 КОНТАМИНАЦИЕЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ  
 РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
 COMPARATIVE ANALYSIS  
 OF PUBLIC HEALTH RISK DETERMINED  
 BY CHEMICAL CONTAMINATION  
 OF DIFFERENT TYPES  
 OF FOOD PRODUCTS
- ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ  
 И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**  
**EXPERIMENTAL MODEL  
 AND MEASUREMENT STUDIES**
- М.Р. Камалтдинов* **68** *M.R. Kamaltdinov*  
 ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОТОРИКИ  
 АНТРОДУОДЕНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ  
 ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ДЛЯ ЗАДАЧ  
 ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ  
 ПРИ ПЕРОРАЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ  
 ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ  
 3D-MODELING OF ANTRoduODENAL  
 ZONE MOTILITY OF DIGESTIVE TRACK  
 FOR THE PURPOSE OF HEALTH RISKS  
 EVALUATION WITH PERORAL  
 EXPOSITION TO CHEMICALS
- Т.С. Уланова, Т.В. Нурисламова* **76** *T.S. Ulanova, T.V. Nurislamova*  
 ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТИЛ-ТРЕТ-  
 БУТИЛОВОГО ЭФИРА В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА  
 ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ  
 МЕТОДОМ  
 IDENTIFICATION OF METHYL-TERT-BUTYL  
 ETHER IN HUMAN BLOOD  
 WITH CHROMATOGRAPHY-MASS-  
 SPECTROMETRIC METHOD
- УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ЗДОРОВЬЮ**  
**HEALTH RISK MANAGEMENT**
- Н.А. Лебедева-Несебря* **83** *N.A. Lebedeva-Nesevrya*  
 РИСК-КОММУНИКАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ  
 УПРАВЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЕМ НАСЕЛЕНИЯ  
 RISK-COMMUNICATIONS AS AN INSTRUMENT  
 FOR PUBLIC HEALTH MANAGEMENT
- Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановская* **90** *D.V. Kononenko, T.A. Kormanovskaya*  
 ВЛИЯНИЕ РАДОНОЗАЩИТНЫХ  
 МЕРОПРИЯТИЙ В ДЕТСКИХ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ  
 НА РАДИАЦИОННЫЙ РИСК ПРИ ОБЛУЧЕНИИ  
 РАДОНОМ (НА ПРИМЕРЕ ОДНОЙ ИЗ ШКОЛ  
 САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)  
 INFLUENCE OF RADON PROTECTING  
 MEASURES IN CHILDREN EDUCATIONAL  
 INSTITUTIONS ON THE RADIATION RISK  
 EXPOSURE TO RADON (AN EXAMPLE  
 OF ONE OF THE SCHOOLS  
 IN ST. PETERSBURG)
- К.П. Лужецкий, О.Ю. Устинова,  
 О.А. Маклакова, Л.Н. Палагина* **97** *K.P. Luzhetsky, O.Yu. Ustinova,  
 O.A. Maklakova, L.N. Palagina*  
 ОСОБЕННОСТИ ЭНДОКРИННЫХ  
 НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ  
 В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО РИСКА  
 ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
 БЕНЗОЛА, ФЕНОЛА, И БЕНЗ(А)ПИРЕНА  
 CHARACTERISTICS OF ENDOCRINE  
 DISORDERS IN CHILDREN, LIVING  
 IN CONDITIONS OF HIGH LEVEL RISK  
 OF INHALATION EXPOSURE TO BENZENE,  
 PHENOL, BENZO(A) PYRENE
- РЕЗОЛЮЦИЯ ВСЕРОССИЙСКОЙ** **104** **RESOLUTION ALL-RUSSIAN**  
 НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
 С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
 «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ  
 И ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ  
 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ СРЕДЫ  
 ОБИТАНИЯ» (21–23 МАЯ 2014, г. ПЕРМЬ)  
 CONFERENCE WITH INTERNATIONAL  
 PARTICIPATION “CURRENT ISSUES  
 IN HEALTH SAFETY AND HEALTH RISK  
 ASSESSMENT UNDER THE INFLUENCE  
 OF THE ENVIRONMENTAL HAZARDS”

УДК 614.3

## АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ В ЗАДАЧАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Г.Г. Онищенко<sup>1</sup>, А.Ю. Попова<sup>2</sup>, Н.В. Зайцева<sup>3</sup>, И.В. Май<sup>3</sup>, П.З. Шур<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Аппарат Правительства РФ

<sup>2</sup>Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Россия, 127994, г. Москва, Вадковский переулок, 18, строение 5 и 7

<sup>3</sup>ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Основным направлением совершенствования деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на современном этапе является внедрение риск-ориентированной модели, которая предполагает использование методов оценки рисков здоровью при решении широкого спектра функциональных задач службы, классификацию поднадзорных объектов в зависимости от степени угрозы и риска причинения вреда жизни и здоровью граждан, дифференцированный подход к проведению контрольно-надзорных мероприятий с концентрацией усилий на объектах, формирующих недопустимые риски для здоровья; внедрение методологии оценки риска в систему санитарно-гигиенического нормирования, системность информационно-аналитического обеспечения задач по оценке и управлению рисками здоровью, в том числе в рамках социально-гигиенического мониторинга, учет показателей экономической эффективности контрольно-надзорных мероприятий и мер по управлению рисками здоровью.

**Ключевые слова:** Роспотребнадзор, оценка риска, риск-ориентированная модель деятельности.

Современный этап развития Российской Федерации характеризуется интенсивным включением страны в мировые интеграционные процессы, в том числе в рамках Всемирной торговой организации, Организации содействия экономическому развитию, Таможенного союза и пр. Это предполагает развитие инновационных производств, расширение сфер обращения новых видов продукции, сырья, материалов, усиление подвижности населения, что сопряжено и с появлением новых угроз и опасностей для здоровья граждан страны [2, 3].

Анализ стратегических рисков для устойчивого развития Российской Федерации показал, что среди приоритетов – риски, связанные со снижением уровня жизни населения, сокращением производственного потенциала страны (включающего и производительные силы, т.е. население, занятое в производстве валового национального продукта) и неравномерностью социально-экономического развития регионов [1].

С целью обеспечения национальной безопасности страны, сохранения и преумножения здоровья нации на фоне создания

---

© Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З., 2014

**Онищенко Геннадий Григорьевич** – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, помощник Председателя Правительства РФ (e-mail: taruntaeva\_NA@arfg.gov.ru; тел.: 8 (495) 98-55-486).

**Попова Анна Юрьевна** – доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главный государственный санитарный врач Российской Федерации (e-mail: depart@gse.ru; тел.: 8 (499) 973-26-90).

**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).

условий для активной хозяйственной деятельности во всех субъектах федерации высшие органы государственной власти уделяют особое внимание разработке новой концептуальной основы государственной политики на базе теории и системы управления рисками<sup>1</sup>. Это объясняется прежде всего тем, что вероятностный характер угроз, комбинация которых каждый раз представляет собой случайную величину, требует новых подходов и инструментов для оценки, прогнозирования и обоснования мер по их минимизации.

Задачи, связанные с формированием риск-ориентированной модели деятельности, стоят и перед Федеральной службой в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Реализация Указа Президента Российской Федерации № 797 от 15 мая 2008 г. «О неотложных мерах по ликвидации административных ограничений при осуществлении предпринимательской деятельности» способствовала принятию ряда федеральных законов, которые внесли значительные изменения в сферу осуществления контрольно-надзорных полномочий органами государственной власти всех уровней и органов местного самоуправления: № 294-ФЗ от 26 декабря 2008 г. «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»; № 99-ФЗ от 4 мая 2011 г. «О лицензировании отдельных видов деятельности»; № 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»; № 210-ФЗ от 27 июля 2010 г. «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг»; № 8-ФЗ от 9 февраля 2009 г. «Об обеспечении доступа к информации о деятельности госу-

дарственных органов и органов местного самоуправления».

Усовершенствована система процессуальных действий органов контроля и надзора, для отдельных видов хозяйственной деятельности введен уведомительный порядок начала ее осуществления, принята новая современная редакция законодательства о лицензировании отдельных видов деятельности, сокращена продолжительность проверок, а также установлена периодичность плановых проверок, внедрена процедура согласования отдельных видов внеплановых проверок с органами прокуратуры, сформирована нормативная и методическая база повышения качества и предоставления (исполнения) государственных и муниципальных услуг (функций) [4, 7].

При этом устранение административных барьеров для хозяйственной деятельности ни в коем случае не должно привести к снижению надежности и эффективности системы надзора за соблюдением санитарного законодательства и обоснованности мер, направленных на снижение уровня смертности, заболеваемости, увеличение продолжительности жизни и создание благоприятных условий проживания граждан [9]. Это тем значимее, что анализ данных о санитарно-гигиенических и медико-демографических показателях в стране за 2013 г. и ряд предыдущих лет свидетельствует о сохранении определенных проблем, связанных с неудовлетворительным качеством среды обитания и, соответственно, ассоциированных с этим качеством показателей здоровья населения страны.

Так, при общем улучшении качества атмосферного воздуха в городских и сельских поселениях (в 2013 г. по сравнению с 2012 г. отмечено снижение доли нестандартных проб атмосферного воздуха по взвешенным веществам, оксиду углерода, сероводороду, хлористому водороду, бензолу, толуолу и пр.) более чем на 30 административных территорий 13 субъектов Российской Федерации было отмечено загрязнение на уровне 5 ПДК<sub>сс</sub> и более по бенз(а)пирену, формальдегиду, диоксиду

<sup>1</sup> Концепция повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления на 2014–2018 гг.

азота, саже, фенолу и ряду других примесей. Загрязнением атмосферного воздуха обусловлено в 2013 г. порядка 18 тыс. смертей от болезней органов дыхания, кровообращения и новообразований и почти 4 млн дополнительных случаев заболеваний органов дыхания, кровообращения, эндокринной системы, новообразований, болезней глаз, крови и патологий перинатального периода, детей и взрослых, включая трудоспособное население. Так, заболеваемость всего населения болезнями органов дыхания ассоциирована с загрязнением атмосферного воздуха в 27 регионах Российской Федерации. При этом вклад вредных химических примесей формирует в ряде регионов от 1,5 до 25 тысяч случаев заболеваний органов дыхания на 100 тысяч населения. К приоритетным регионам относятся Иркутская, Челябинская, Самарская области, Пермский край, Орловская область и ряд других.

Остается тревожной ситуация с питьевым водоснабжением: доля проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в среднем по Российской Федерации составляет 16,4 %, по микробиологическим показателям – 4,2 %, по паразитологическим – 0,1 %. Эти показатели ниже, чем в предыдущие годы, но по-прежнему превышают таковые в развитых экономических странах мира.

Микробный фактор формирует инфекционную заболеваемость. Содержание в питьевой воде повышенных концентраций хрома, мышьяка, никеля, бора, молибдена, марганца, железа, стронция, нитритов, нитратов, хлороформа и пр. является фактором риска развития неблагоприятных эффектов со стороны желудочно-кишечного тракта, почек, сердечно-сосудистой, гормональной, иммунной систем, центральной и периферической нервной системы. К приоритетным территориям риска относятся Ростовская область (никель), Забайкальская область (нитриты), Липецкая, Воронежская, Ростовская, Кемеровская, Оренбургская области, Республики Хакасия, Бурятия

(нитраты), Мурманская область (хлороформ) и т.п.

В целом для Российской Федерации пылегазовые выбросы, сбросы сточных вод, накопленные отходы, шумовое, электромагнитное воздействие объектов промышленности, транспорта, сбора и утилизации отходов и иных видов деятельности явились причиной повышенных, в том числе недопустимых, рисков для здоровья населения. Эти риски реализовались в 2013 г. в виде более чем 55 тыс. случаев смерти и около 20 млн случаев заболеваний. Из них порядка 52 тыс. смертей и 6 млн случаев заболеваний относились к занятому населению страны. Нетрудоспособность экономически активной части населения по причине смерти, болезни или ухода за больным имела следствием сокращение производства валового внутреннего продукта<sup>1</sup> и снижение общих доходов государства. В 2013 г. экономические потери составили сумму порядка 193 млрд руб.

Задача снижения медико-демографических и экономических потерь государства, равно как и повышения качества жизни россиян ориентирует органы исполнительной власти на внедрение в практику современных наукоемких методов и технологий управления.

Оценка риска как инструмент информационно-аналитической поддержки решения задач разного уровня и содержания востребован при исполнении практически всех полномочий Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (рисунок)

Так, совершенствование контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора требует оценки риска при классификации поднадзорных объектов в зависимости от

<sup>1</sup> Методология расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации занятого населения страны / утв. приказом № 192/323н/45н/113 от 10 апреля 2012 г. Министерства экономического развития Российской Федерации, Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Министерством финансов Российской Федерации и Федеральной службы государственной статистики.

степени угрозы и риска причинения вреда жизни и здоровью граждан. Результаты оценки рисков, при которой учитываются эпидемиологическое состояние объекта, вероятность возникновения нарушений законодательства, масштабность и тяжесть последствий для здоровья позволяют реализовать дифференцированный подход к проведению контрольно-надзорных мероприятий с концентрацией усилий на объектах, формирующих недопустимый риск для здоровья.

Оценка объектов надзора по системе показателей вероятности наступления факта нарушения здоровья человека (включая жалобы на дискомфорт проживания), тяжести негативных последствий воздействия, численности населения, находящегося под воздействием, и специфики контингентов риска (дети, работающие, пенсионеры и т.п.): позволяет выделять объекты

- чрезвычайно высокого риска (опасности) для здоровья;
- высокого риска (опасности);
- умеренного (среднего) риска (средней опасности);
- низкого риска.

Дифференциация мер правового регулирования в отношении объектов различных классов опасности предусматривает осуществление постоянного государственного надзора в отношении объектов чрезвычайно высокого риска (опасности), проведение плановых проверок с рекомендуемой частотой один раз в год на объектах высокой опасности, плановых проверок с рекомендуемой частотой 1 раз в два-три года на объектах умеренного уровня риска (опасности). Осуществление федерального государственного надзора в отношении объектов низкой опасности не предполагает проведения плановых проверок. При этом жалобы населения на нарушение здоровья, неудовлетворительные условия проживания или иные проявления несоответствия государственным требованиям и стандартам в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения явля-

ются основанием для надзорных действий в отношении объектов любых категорий опасности.

Ориентированная на оценку риска здоровья классификация решает задачи снижения общей административной нагрузки на хозяйствующие субъекты, прежде всего за счет сокращения объемов надзорных мероприятий на объектах низкой и/или умеренной опасности и концентрации усилий контролирующих органов на объектах высокого риска (опасности). Такая постановка существенно повышает защищенность населения страны, что является основной конечной целью деятельности Роспотребнадзора.

Крайне актуальным остается внедрение методологии оценки риска в систему отечественного гигиенического нормирования.

Необходимость модификации принципов гигиенического нормирования обусловлена все возрастающим числом факторов опасности, регламентация которых ограничена временными и финансовыми аспектами. Так, по данным Международной программы химической безопасности ежегодно синтезируется и пускается в обращение от 2 до 40 тысяч новых химических веществ. Первоочередной гигиенической оценки требует более 4 тысяч веществ. Регистрации ежегодно появляющихся и внедряемых в производство соединений требует значительного ускорения и увеличения затрат на исследования по обоснованию гигиенических нормативов, а затраты для всего спектра вредных факторов среды обитания обосновать и изыскать достаточно трудно. В мировой практике целесообразность полномасштабных исследований является предметом отдельных разработок, обсуждается, критерии выбора этих факторов фиксируются в законодательных актах. Оценка же риска позволяет существенно шире применять для обоснования степени вредности и опасности нормируемого фактора результаты экспериментов *in vitro* и *in vivo*, что значительно снижает затраты на проведение исследований и время получения результата.

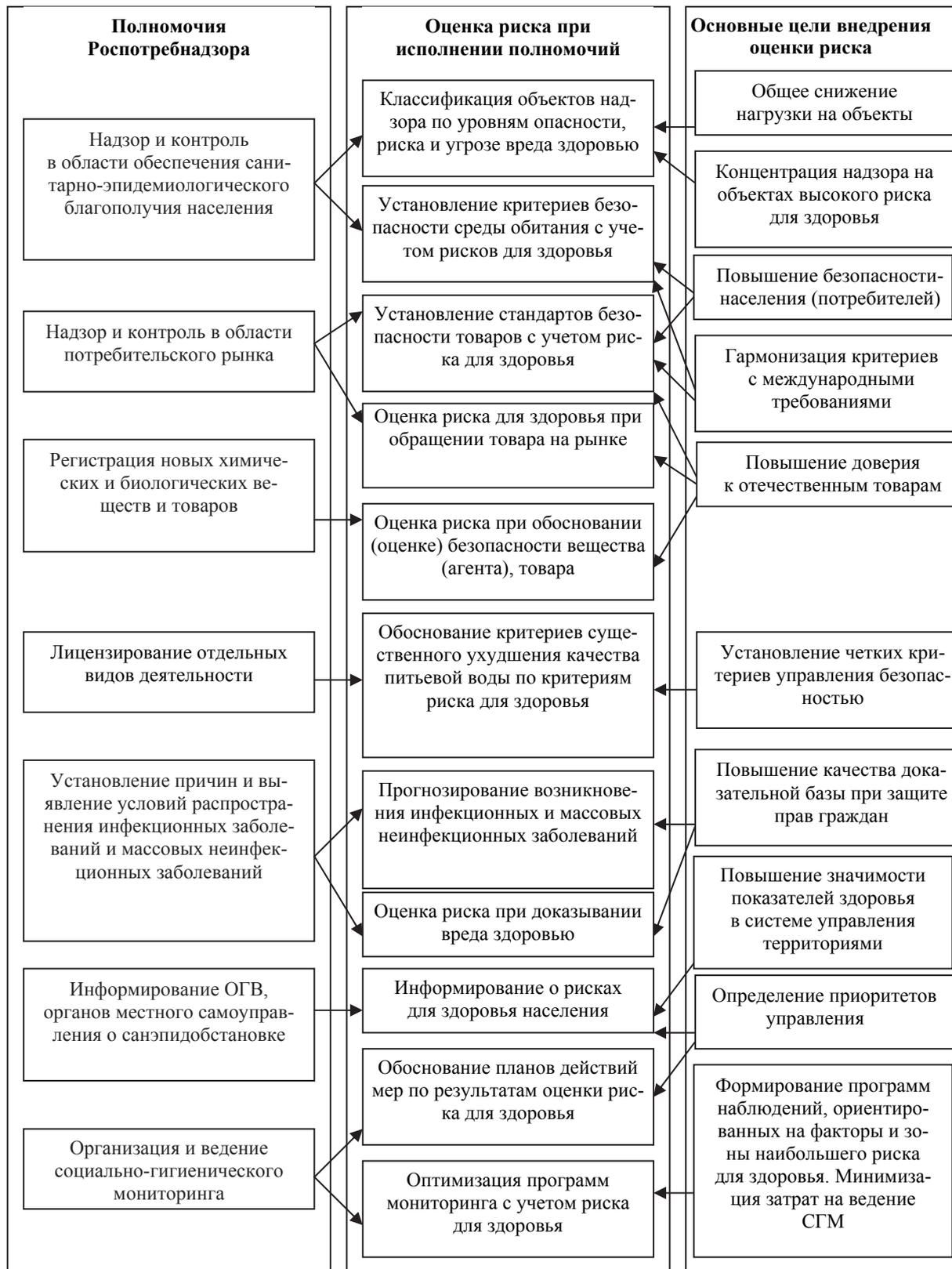


Рис. Место и цели оценки рисков для здоровья в системе исполнения полномочий Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Методология оценки риска для здоровья позволяет снять и некоторые ограничения, связанные с применением в гигиеническом нормировании принципа разделения объектов санитарной охраны. Разработка гигиенических нормативов для отдельных факторов и объектов среды обитания не дает возможности в полной мере учесть комбинированное и сочетанное действие факторов среды обитания. Так, к примеру, коэффициенты комбинированного действия, установленные в России для 56 бинарных и 3–5 компонентных смесей атмосферных примесей, не исчерпывают всех возможных сочетаний, что требует новых подходов к оценке воздействия. Следует принимать во внимание и тот факт, что в рамках методологии оценки риска здоровью предполагается использование как пороговых моделей зависимости «экспозиция – эффект», например, при оценке риска неканцерогенных химических факторов, так и беспороговых для оценки канцерогенного риска и, в некоторых случаях, риска, связанного с физическими и микробиологическими факторами. Это позволяет устанавливать критерии безопасности с учетом заданного уровня приемлемости риска.

Сложные и многообразные задачи могут быть решены с применением методологии оценки риска в части надзора за потребительским рынком.

Международным законодательством, в том числе Директивой 2001/95/ЕС по общей безопасности продукции и Регламентом (ЕС) № 178/2002 ЕС об установлении общих принципов и предписаний продовольственного законодательства оценка риска для здоровья предусмотрена на стадиях проектирования, производства, анализа соответствия продукции и обращения ее на рынке. Как следствие, законодательство ЕС через систему регулирующих документов накладывает на производителей, дистрибьюторов, импортеров обязанность выполнять оценку рисков продукции и принимать меры по минимизации рисков для жизни и здоровья потребителей на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Процедура оценки соответствия товаров установленным требованиям также предполагает учет результатов оценки риска и зависит от степени опасности той или иной продукции. Законодательно закреплена и обязанность уполномоченных органов вести контрольную и надзорную деятельность с учетом оценки рисков для жизни и здоровья потребителя и в случаях выявления недопустимых рисков информировать производителей, органы государственной власти и гражданское общество об этих рисках. При этом законодательство ЕС, США и нормативная база ВТО и пр. требуют, чтобы стандарты безопасности продукции были обоснованы с учетом результатов научных исследований по оценке риска (risk-based standards) или пересмотрены при получении новых научных данных о рисках для жизни и здоровья. При этом соответствие продукции стандартам безопасности не препятствует компетентным органам государств-членов принимать надлежащие меры по ограничению ее выпуска на рынок либо по требованию ее изъятия с рынка, либо ее отзыва в том случае, если, несмотря на указанное соответствие, данная продукция оказывается опасной<sup>1</sup>.

Российская Федерация самостоятельно и в рамках законодательства Таможенного союза стремится гармонизировать подходы к оценке безопасности с международными. Так, в Таможенном союзе оценка риска продукции для здоровья предусмотрена документами высшего уровня: «Соглашением о проведении согласованной политики в области технического регулирования, санитарных и фитосанитарных мер (с изменениями на 19 мая 2011 г.)» и «Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (в ред. решений Комиссии Таможенного союза № 341 от 17.08.2010 г., № 456 от 18.11.2010 г., № 571 от 02.03.2011 г.)».

<sup>1</sup> Директива 2001/95/ЕС об общей безопасности продукции.

Определено, что с учетом масштабов распространения продукции, специфики контингентов потребителей, известных видов опасностей, результатов мониторинга «отказов» и нарушений санитарно-гигиенических требований при обращении товаров на рынке первоочередная оценка риска для здоровья потребителей на территории Таможенного союза и единого экономического пространства требуется в отношении молочной продукции; яиц птиц; пищевых продуктов животного происхождения (группа 04 Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Таможенного союза (ТН ВЭД ТС)); жиров и масел животного или растительного происхождения (группа 15 ТН ВЭД ТС); сахар и кондитерские изделия из сахара (группа 17 ТН ВЭД ТС); алкогольные и безалкогольные напитки и уксус (группа 22 ТН ВЭД ТС); игрушки, игры и спортивный инвентарь; их части и принадлежности (группа 95 ТН ВЭД ТС) и ряда других товаров.

Методология оценки риска востребована при установлении причин и выявлении условий распространения инфекционных заболеваний и массовых неинфекционных заболеваний, при подготовке информационно-аналитических материалов, адресованных органам государственной власти и органам местного самоуправления, при организации и ведении социально-гигиенического мониторинга. При этом во всех случаях использование методологии оценки риска здоровью повышает значимость показателей состояния здоровья населения при принятии управленческих решений, ориентирует власти в части приоритетных факторов риска и в части контингентов риска. Это позволяет принимать оптимальные решения как в отношении источников опасности при осуществлении мер первичной профилактики и минимизации рисков, так и в отношении наиболее уязвимых и подверженных негативному воздействию групп граждан Российской Федерации, требующих реабилитационных, компенсаторных или медико-профилактических мер.

Широкое внедрение методологии оценки риска в деятельность Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека предполагает оптимизацию существующей структурно-функциональной модели функционирования службы. Такая оптимизация может и должна затрагивать аспекты целеполагания, выбора индикативных показателей деятельности, модификацию структуры государственных услуг и функционала отдельных подразделений службы. Процесс требует научно-методической поддержки и постоянного повышения квалификации кадров в области оценки рисков.

В настоящее время риск-ориентированная модель деятельности 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 и производственной среды, образа жизни, продукции. На текущий момент органами и организациями Роспотребнадзора используется более 50 документов по различным аспектам оценки и управления рисками.

В развитие ранее предложенных разработок в 2014 г. обоснованы методические подходы к оценке экономических потерь, предотвращенных деятельностью службы, которая постоянно сдерживает формирование дополнительных случаев смерти и заболеваний населения, а также сокращает экономические потери государства, которые неизбежно бы состоялись при снижении интенсивности и адресности управляющих действий.

Разработанная под эгидой Евразийской экономической комиссии «Методология оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (то-

варов)»<sup>1</sup> развивает и дополняет международные подходы к оценке безопасности продукции, позволяя оценивать совокупный риск при воздействии разнородных факторов, свойственных товарам, учитывать нарастание (эволюцию) риска при длительном использовании продукции, возрастные особенности потребителя, рассматривать структуру риска с выделением приоритетов и т.п.

В целом:

– расширение практики применения анализа риска здоровью в задачах обеспечения санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации, внедрение риск-ориентированной модели деятельности Роспотребнадзора унифицирует и повышает качество решения широкого круга задач, относящихся к сфере ответственности Федеральной службы по надзору в сфе-

ре защиты прав потребителей и благополучия человека;

– концентрация внимания в ходе контрольно-надзорных мероприятий на объектах повышенного риска для здоровья является гарантией улучшения санитарно-эпидемиологической и, как следствие, медико-демографической обстановки в стране;

– оценка риска в области надзора за безопасностью продукции позволяет выявлять товары из категории рискованных поставок, устанавливать или снимать ограничения на использование продукции, повышает доверие к отечественным товарам, обеспечивает надежную защиту потребителей;

– разработка risk-based стандартов качества объектов среды обитания и продукции гармонизирует отечественную систему гигиенического нормирования с международными системами требований и норм;

– дифференциация мер правового регулирования деятельности опасных объектов, обоснованное выделение региональных, территориальных, локальных приоритетов и обоснование управленческих решений с применением результатов оценки риска сближает российскую систему надзора с лучшими мировыми практиками в данной сфере.

<sup>1</sup> Разработчики проекта документа: ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (г. Пермь, Российская Федерация), ФГБУ «Научно-исследовательский институт питания» РАН (г. Москва, Российская Федерация); ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены» (г. Минск, Республика Беларусь), РГП «Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова» Министерства здравоохранения Республики Казахстан (г. Алматы, Республика Казахстан).

## Список литературы

1. Воробьев Ю.Л. Национальная безопасность и управление стратегическими рисками в России / Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2013. – № 2, Т. 3. – С.95–104.
2. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. – М.: Альпина Паблиш, 2011. – 400 с.
3. Друкер П. Менеджмент. Вызовы XXI века. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – С. 256.
4. Кривошапова С.В. Некоторые аспекты методологии перехода к содержательному (риск-ориентированному) надзору // Теория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2009. – № 2. – С. 146–149.
5. Квасов И.А. Новый объектно-ориентированный подход к принятию решений // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2013. – Т. 170. – С. 293–310.
6. 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.
7. Концепция повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления на 2014–2018 годы: проект. – URL: ar.gov.ru/.../450\_konceptsiya\_revised\_as\_of\_8\_26\_2013\_(2).doc-d (дата обращения: 03.04.2014).
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. Ферапонтов А.В. Принципы организации риск-ориентированного надзора за опасными производственными объектами // *Безопасность труда в промышленности*. – 2010. – № 6. – С. 4–7.
10. 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.
11. The Hampton Review – Final Report – Reducing Administrative Burdens: Effective Inspection and Enforcement, Phillip Hampton, March 2005

## References

1. Vorob'ev Ju.L. Nacional'naja bezopasnost' i upravlenie strategicheskimi riskami v Rossii [National safety and strategic risk management in Russia]. *Strategija grazhdanskoj zashhity: problemy i issledovanija*, 2013, no. 2, vol. 3, pp. 95–104.
2. Deming Je. Vyhod iz krizisa. Novaja paradigma upravlenija ljud'mi, sistemami i processami [Overcoming the crisis. 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. Krivosheva S.V. Nekotorye aspekty metodologii perehoda k sodержatel'nomu (risk-orientirovannomu) nadzoru [Several aspects of the methodology of transition to a content-related (risk-oriented) supervision]. *Teorija novyh vozmozhnostej. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvenno universiteta jekonomiki i servisa*, 2009, no. 2, pp. 146–149.
5. Kvasov I.A. Novyj ob'ektno-orientirovannyj podhod k prinjatiju reshenij [New object-oriented approach to decision making]. *Nauchnye trudy Vol'nogo jekonomicheskogo obshhestva Rossii*, 2013, vol. 170, pp. 293–310.
6. Kolesov K.I., Antonov A.S. Metodicheskie aspekty upravlenija riskami na osnove vnedrenija sistemy vnutrennego kontrolja [Methodological aspects of risk management through the implementation of the internal control system]. *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva*, 2013, no. 3 (100), pp. 272–278.
7. Konceptija povyshenija jeffektivnosti kontrol'no-nadzornoj dejatel'nosti organov gosudarstvennoj vlasti i organov mestnogo samoupravlenija na 2014–2018 gody: proekt [Concept of improving the efficiency of control and supervision of public authorities and local governments for the years 2014–2018: project]. Available at: [ar.gov.ru/.../450\\_kon-cep-ciya\\_revised\\_as\\_of\\_8\\_26\\_2013\\_\(2\).doc-d](http://ar.gov.ru/.../450_kon-cep-ciya_revised_as_of_8_26_2013_(2).doc-d).
8. Onishhenko G.G., Simkalova L.M., Tebiev S.A. O merah po realizacii Federal'nogo zakona «O zashhite prav juridicheskikh lic i individual'nyh predprinimatelej pri osushhestvlenii gosudarstvennogo kontrolja (nadzora) i municipal'nogo kontrolja» [On the measures for the implementation of the Federal Law “On protection of legal entities and individual entrepreneurs in the implementation of state control (supervision) and municipal control”]. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*, 2013, no. 6, pp. 5–8.
9. Ferafontov A.V. Principy organizacii risk-orientirovannogo nadzora za opasnymi proizvodstvennymi ob'ektami [Principles of organizing risk-based supervision of dangerous industrial objects]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2010, no. 6, pp. 4–7.
10. Leeves G.D., Herbert R.D. Economic and environmental impacts of pollution control in a system of environment and economic interdependence *Chaos, Solitons & Fractals*. 2002, vol. 13, no. 4, pp. 693–700.
11. The Hampton Review – Final Report – Reducing Administrative Burdens: Effective Inspection and Enforcement, Phillip Hampton, March 2005.

## HEALTH RISK ANALYSIS IN THE TASKS OF IMPROVING SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE IN THE RUSSIAN FEDERATION

G.G. Onishchenko<sup>1</sup>, A.U. Popova<sup>2</sup>, N.V. Zaitseva<sup>3</sup>, I.V. May<sup>3</sup>, P.Z. Shur<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RF Government Apparatus

<sup>2</sup>Federal service on customers' rights protection and human well-being surveillance, Russian Federation, Moscow, Vadkovsky pereulok, house 18, building 5 and 7, 127994

<sup>3</sup>Federal Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies", Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya St., 614045

The main direction of improving the activity of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance at the present stage is the implementation of a risk-oriented model, which involves the use of health risk assessment methods for solving a wide range of functional tasks of the Service, classification of supervised objects depending on the degree of threat and risk of harm to life and health of citizens and a differentiated approach to the conduction of regulatory and supervisory activities with concentration on efforts on objects forming unacceptable health risks; introduction of risk assessment methodology in the system for sanitary regulation, systematic approach to the information analysis provision of tasks on the assessment and health risk management, including within the framework of public health monitoring, accounting of indicators of economic efficiency of supervisory activities and health risk management measures.

**Key words:** Rospotrebnadzor, risk assessment, risk-oriented activity model.

---

© Onishchenko G.G., Popova A.U., Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z., 2014

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

**Alexeev Vadim Borisovich** - PhD, DSc in Medicine, Deputy Director for organizational and methodological work (e-mail: vadim@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-70);

**Shur Pavel Zalmanovich** - MD, Secretary of the Academic Council (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

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

**Shlyapnikov Dmitry Mikhailovich** – Head of The Health Risk Analysis Department (e-mail: shlyapnikov@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

**Chigvintsev Vladimir Mikhailovich** – Research assistant of department for mathematical modeling of systems and processes (e-mail: cvm@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

УДК 615.9

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УПРАВЛЕНИЮ РИСКОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКОГО ФАКТОРА И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА

**Х.Х. Хамидулина**

ФБУЗ «Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ»  
Роспотребнадзора, Россия, 117105, г. Москва, Варшавское шоссе, 19А  
ГБУДПО «Российская медицинская академия последипломного образования»,  
Россия, 123995, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1

Проведенный анализ современных тенденций в области обращения химических веществ за рубежом и их внедрения в РФ показал понимание химического фактора как интегральной опасности нанесения ущерба здоровью человека и окружающей природной среде, требующей значительных совместных усилий по ее регулированию, а также необходимость гармонизации отечественной нормативно-методической базы с международными требованиями; внедрения в практику гигиены и профилактической токсикологии принципов надлежащей лабораторной практики, СГС; создания и реализации национальной программы по систематическому изучению обращающихся на рынке веществ, обладающих высокой степенью риска, с целью выведения из оборота и замещения их безопасными аналогами.

**Ключевые слова:** химическое вещество, опасность, риск.

Современный человек в повседневной жизни подвергается воздействию более 63 000 химических соединений, многие из которых не имеют достаточной оценки опасности [1]. Принимая во внимание актуальность проблем, связанных с химическим фактором, целью государственной политики в области обеспечения химической безопасности является предотвращение загрязнения, последовательное снижение и устранение риска воздействия на здоровье человека и окружающую среду химических веществ и их смесей «с момента синтеза до захоронения».

Безопасное обращение химических веществ в современном мире должно быть организовано на принципах устойчивого развития и «Зелёной химии» (Green Chemistry) [3], которые предполагают использование для химического синтеза веществ и технологических процессов, исключаящих полностью или снижающих риск воздействия на организм человека и среду его обитания до минимума.

Всемирной организацией здравоохранения, ЮНЕП, Международной организацией труда (МОТ) и Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и государствами Европейского союза (ЕС), США, Канадой, Японией, Австралией, Новой Зеландией и т.д. в настоящее время ведется огромная работа по ограничению использования и поиску безопасных альтернатив (эффективных заменителей, обладающих максимально сходными физико-химическими свойствами, которые уменьшают, устраняют или предупреждают неблагоприятное воздействие) для свинца, фталатов, перфторсоединений. В этой связи возникает необходимость создания национальной программы по систематическому изучению обращающейся на рынке химической продукции и выведению из оборота химических веществ и смесей высокой степени риска, а также замещению их безопасными аналогами. К сожалению, проект Технического регла-

---

© Хамидулина Х.Х., 2014

Хамидулина Халидя Хизбулаевна (Москва, Россия) – доктор медицинских наук, директор, заведующий кафедрой общей гигиены и медицины труда (e-mail: director@rphhv.ru; тел.: +7 499 9409787).

мента ЕВРАЗЭС «О безопасности химической продукции» не включает данное направление деятельности.

Большое внимание мировой науки и практики сегодня сосредоточено на разработке критериев безопасности веществ и материалов с учетом приоритетных наноразмерных соединений. С 2007 г. по инициативе Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека во исполнение «Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов» разработано и утверждено в установленном порядке 50 нормативно-методических документов, регламентирующих порядок проведения токсикологических и медико-биологических исследований, отбор проб, идентификацию и количественный анализ, а также порядок проведения контроля и надзора за этой продукцией.

В соответствии с рекомендациями Стратегического подхода к международному регулированию химических веществ (СПМРХВ/SAICM) и ОЭСР особое внимание в мире уделяется проблемам оценки опасности и регулирования новых химических веществ. Так, в соответствии с законодательством ЕС, Австралии, Новой Зеландии, Канады, США, Китая, Японии и ряда других государств, новые вещества подпадают под разрешительную процедуру и могут поступать на рынок только после тщательного изучения всех видов опасности и при наличии отчета по безопасности, который включает оценку риска при всех возможных сценариях воздействия.

В РФ, согласно статье 43 Федерального закона № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», государственной регистрации подлежат: впервые внедряемые в производство и ранее не использовавшиеся химические, биологические вещества и изготавливаемые на их основе препараты, потенциально опасные для человека; отдельные виды продукции, представляющие потен-

циальную опасность для человека; отдельные виды продукции, в том числе пищевые продукты, впервые ввозимые на территорию Российской Федерации. С 1992 г. в стране осуществляется государственная регистрация потенциально опасных химических веществ, которая включает: сбор и анализ информации об обращающихся химических веществах, их физико-химических, токсикологических, экотоксикологических свойствах, гигиенических показателях, и предоставление этой информации федеральным органам исполнительной власти, промышленности и всем заинтересованным лицам в целях мониторинга и разработки эффективных мероприятий по предотвращению неблагоприятного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. С 1 июля 2010 г. в связи со вступлением в силу Соглашения Таможенного союза по санитарным мерам № 28 от 11 декабря 2009 г. осуществляется государственная регистрация лишь незначительной части химической и нефтехимической продукции, обращающейся на территории стран Таможенного союза. При этом целый ряд чрезвычайно и высоко опасных продуктов: тяжелые металлы и их производные, кислоты, щелочи, пероксиды; ароматические углеводороды и их производные; нефтепродукты (коды ТН ВЭД ТС: 26, 27, 28, часть 29), не подлежат государственной регистрации и обязательной сертификации и бесконтрольно используются на рынке, что противоречит традициям отечественной гигиены и профилактической токсикологии.

Сегодня в мире важное место в системе регулирования химических веществ и смесей занимают вопросы гармонизации их классификации и маркировки. С этой целью активно внедряется рекомендованная ООН согласованная на глобальном уровне Система классификации опасности и маркировки химической продукции (СГС), направленная на унификацию подходов к оценке опасности, классификации и маркировке химических веществ и смесей [4]. В настоящее время СГС действует в 67 странах мира. Настоятельная необходимость вне-

дрения СГС в практику отечественной гигиены и токсикологии продиктована необходимостью выполнения РФ обязательств по международным соглашениям, стремлением присоединения к ОЭСР, нежеланием российской промышленности дважды классифицировать и маркировать продукцию для отечественного и зарубежного рынка.

Стремление Российской Федерации к интеграции с международным сообществом, вступление в ВТО, присоединение к ОЭСР накладывает новые обязательства. Так, обязательным условием равноправного участия России в ОЭСР является обеспечение взаимного признания данных между странами, что невозможно без создания национальной системы надлежащей лабораторной практики (НЛП), адаптации методической базы ОЭСР по методам испытания и внедрения СГС в практику отечественной токсикологии. Роспотребнадзором в целях реализации действующей национальной программы реализации принципов надлежащей лабораторной практики в деятельности испытательных центров (лабораторий) (Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2603-р от 28 декабря 2012 г.) была принята Ведомственная программа реализации принципов надлежащей лабораторной практики в деятельность испытательных центров (лабораторий), в рамках которой производится подготовка кандидатов в инспекторы по НЛП, отобраны испытательные центры для внедрения НЛП, подготовлены СП «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)», разработано и утверждено руководство Р 1.2.3156-13 «Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека», в котором изложены основные принципы НЛП, представлены методы испытания токсичности и опасности химических веществ и их смесей ОЭСР, а также принципы и критерии СГС.

Ведущее значение в системе химической безопасности приобретают информационные системы о токсичности и опасно-

сти веществ для здоровья человека и окружающей природной среды. Все они более ориентированы на аналитические цели, на поддержку принятия эффективных управленческих решений. В настоящее время в России существует ряд отечественных разработок информационных систем по клинической токсикологии, техногенным химическим авариям, по оценке опасности отходов для окружающей среды, оценке опасности строительных материалов, загрязнения атмосферного воздуха, воды, морского дна, а также информационно-прогнозирующая система токсичности вещества на основе анализа связей «структура-активность». Преимуществом их является оперативность предоставления информации, возможность быстрой ее обработки, регулярного обновления, удобная форма визуализации. Вместе с тем многие из указанных баз данных направлены на решение конкретных научных задач и используются узким кругом специалистов.

Разработанные при участии ЮНЕП, МОТ, ОЭСР, Международной программы по химической безопасности (МПХБ), Химического бюро Европейского союза, Агентства по охране окружающей среды США (EPA) и других международных и национальных структур базы данных CHRIP, EnviChem, ESIS, GHS-J, HPVIS, HSDB, HSNO CCID, INCHEM, JECDB, NICNAS PEC, OECD HPV, SIDS UNEP, UK CCRMP Outputs, US EPA IRIS, US EPA SRS интенсивно используются учеными и практиками. В соответствии с рекомендациями ОЭСР к проведению оценки опасности химического вещества начальным этапом исследований является поиск информации о нем и его аналогах в базах данных и лишь затем проведение экспериментальной работы в необходимом объеме. Конечной задачей токсикологических исследований является широкий доступ заинтересованных пользователей к полученной информации посредством информационных технологий. К сожалению, известные зарубежные информационно-справочные системы не всегда соответствуют отечественной системе

оценки опасности и гигиенического регламентирования химических веществ, не имеют русскоязычной версии, кроме того часть из них закрыта для свободного доступа. Научное обоснование концепции государственной регистрации потенциально опасных химических и биологических веществ и ее внедрение в Российской Федерации как одной из форм гигиенического регламентирования и информационного обеспечения проблем химической безопасности позволила разработать основные принципы формирования Автоматизированной распределенной информационно-поисковой системы (АРИПС) «Опасные вещества» (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2009620521 от 28.10.2009 г.), официальной базы данных по токсичности и опасности химических веществ Роспотребнадзора. АРИПС, созданная Российским регистром потенциально опасных химических и биологических веществ, позволяет осуществлять сбор и систематизацию информации о веществе в соответствии с комплексом показателей для оценки опасных свойств вещества, научно обоснованных и гармонизированных с рекомендациями ОЭСР, используется Федеральными органами исполнительной власти для разработки и принятия управленческих решений по минимизации риска воздействия химического фактора; органами и организациями Роспотребнадзора при проведении экспертных и исследовательских работ в целях государственной регистрации в рамках Соглашения стран Таможенного союза по санитарным мерам; для выполнения научно-исследовательских работ; для включения в нормативно-техническую документацию на продукт, разработки паспорта безопасности на соединение, для классификации отходов производства и потребления, а также классификации веществ в соответствии с приложением 1 Федерального закона «О промышленной безопасно-

сти опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21 июля 1997 г. (редакция 02.07.2013 г.) [2].

Современная версия АРИПС «Опасные вещества» содержит более 420 характеристик почти 10000 химических веществ, в том числе информацию о классах опасности, обусловленных их физико-химическими свойствами, опасностью для здоровья человека и окружающей природной среды, в соответствии с СГС.

Роспотребнадзором в рамках его компетенции осуществляется деятельность по выполнению обязательств по Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях и Роттердамской конвенций о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных химических веществ и пестицидов в международной торговле. Реализация конвенций требует межведомственной координации, активного вовлечения представителей бизнеса и неправительственных организаций.

Таким образом, проведенный анализ современных тенденций в области обращения химических веществ за рубежом и их внедрения в РФ показал:

– понимание химического фактора как интегральной опасности нанесения ущерба здоровью человека и окружающей природной среде, требующей значительных совместных усилий по ее регулированию;

– необходимость гармонизации отечественной нормативно-методической базы с международными требованиями; внедрения в практику гигиены и профилактической токсикологии принципов надлежащей лабораторной практики, СГС; создания и реализации национальной программы по систематическому изучению обращающихся на рынке веществ, обладающих высокой степенью риска, с целью выведения из оборота и замещения их безопасными аналогами.

### Список литературы

1. Онищенко Г.Г. Химическая безопасность – важнейшая составляющая санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Токсикологический вестник. – 2014. – № 1. – С. 2–6.

2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 №116-ФЗ / КонсультантПлюс.
3. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice. – New York: Oxford University Press, 1998. – P. 30.
4. GHS (Rev. 5). – UNECE, 2013. – URL: [http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev05/05files\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev05/05files_e.html) (дата обращения: 26.04.2014).

### References

1. Onishchenko G.G. Khimicheskaya bezopasnost' – vazhneyshaya sostavlyayushchaya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya [Chemical safety is the most important constituent of the sanitary and epidemiological well-being of population]. *Toksikologicheskij vestnik*, 2014, no. 1, pp. 2–6.
2. Federal'nyy zakon «O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov» ot 21.07.1997 №116-FZ [Federal Law of 21.07.1997 “Industrial Safety of Hazardous Production Entities” 116-FZ].
3. Anastas P.T.; Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press: New York, 1998, p.30.
4. GHS (Rev. 5). UNECE, 2013. Available at: [http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev05/05files\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev05/05files_e.html).

## MODERN CHEMICAL FACTORS' RISK AND IMPACT MANAGEMENT INTERNATIONAL REQUIREMENTS AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE SYSTEM OF STATE SANITARY-EPIDEMIOLOGIC CONTROL

### Kh.Kh. Khamidulina

Federal Budgetary Health Establishment «Russian Register of Potentially Hazardous Chemical and Biological Substances» under the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being of the Russian Federation,  
Russian Federation, Moscow, Varshavskoe shosse, 19A, 117105

State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Educations «Russian Medical Academy of Post-Graduate Education», Russian Federation, Moscow, 2/1 Barrikadnaya St., 123995

The analysis performed of modern trends in chemicals handling and implementation in the RF and abroad showed the understanding that the chemical factor poses an integral hazard to human health and the environment and requires significant conjoint efforts to regulate it as well as the necessity to harmonize domestic regulatory and methodological bases with international requirements; to implement GLP and GHS into the hygiene and preventive toxicology practice ; to create and implement a national program in systemic investigations into substances publicly traded on the market in order to withdraw those posing a high risk from circulation and replace them by safer alternatives.

**Key words:** chemical substance, hazard, risk.

# НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА

УДК 51-76, 613.6.02

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ ЛЕГКИХ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

**Н.В. Зайцева, В.Б. Алексеев, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов,  
Д.М. Шляпников, В.М. Чигвинцев**

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

В осуществление полуколичественного метода оценки риска развития болезней легких в связи с профессиональной экспозицией пылевого фактора предложен метод прогнозирования риска, основанный на эволюционном моделировании. Предложенный метод имеет ряд преимуществ, связанных с учетом переменных условий труда работников как в отношении концентраций пыли в зоне дыхания, так и интенсивности трудового процесса. Предлагаемая методология позволяет выполнять расчеты различными временными шагами и учитывать внутри и междуменные интервалы выхода работника из зоны экспозиции, снижение риска во время отдыха в выходные дни, а также в течение длительных промежутков времени (отпуск и перерывы в стаже). Для использования в практической деятельности предложен упрощенный алгоритм, позволяющий выполнять оценку риска на основе специальных таблиц.

**Ключевые слова:** пылевой фактор, профессиональные заболевания, эволюционное моделирование, оценка риска.

Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей (пневмокониозы и пневмосклерозы, хронический пылевой бронхит), на протяжении ряда лет занимают третье место по частоте среди профессиональных заболеваний в России [4].

Для большей группы аэрозолей (аэрозоли дезинтеграции угля, угольнопородные аэрозоли, аэрозоли кокса (каменноугольного, пескового, нефтяного, сланцевого), саж, алмазов, углеродных волокнистых материалов, аэрозоли (пыли) животного и растительного

происхождения, силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты, аэрозоли дезинтеграции и конденсации металлов, кремнийсодержащие пыли), не обладающих выраженной токсичностью, следует выделить фиброгенный эффект действия на организм.

В связи с тем что требование полного отсутствия вредных веществ в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, особую значимость приобретает гигиеническая регламентация содержания вредных веществ и соблюдение предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ

---

© Зайцева Н.В., Алексеев В.Б., Шур П.З., Кирьянов Д.А., Шляпников Д.М., Чигвинцев В.М., 2014

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

**Алексеев Вадим Борисович** – доктор медицинских наук, заместитель директора по организационно-методической работе (e-mail: vadim@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-32-70).

**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).

**Шляпников Дмитрий Михайлович** – заведующий отделом анализа риска для здоровья (e-mail: shlyapnikov@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

**Чигвинцев Владимир Михайлович** – научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: cvm@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

в воздухе рабочей зоны. При превышении ПДК пыли в воздухе рабочей зоны у работающих может формироваться риск развития профессиональных заболеваний, связанных с воздействием аэрозолей, результаты оценки которого должны учитываться при разработке системных лечебно-профилактических и реабилитационных медицинских мероприятий [1].

Оценка экспозиции является составной частью количественной оценки риска. Обобщающим способом оценки профессионального риска от пылевого фактора является метод, включающий оценку концентрации пыли и длительности ее воздействия. В реальных производственных условиях при контроле уровня содержания АПФД (аэрозоль преимущественно фиброгенного действия) в воздухе рабочей зоны учитывают все колебания содержания АПФД в течение рабочей смены, что нашло отражение в ГОСТ Р 54578–2011 «Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия». Согласно ГОСТ Р 54578–2011, при превышении ПДК<sub>сс</sub> (среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в зоне дыхания работника) проводят расчет общей пылевой нагрузки (ПН) на работника, включающий в себя учет колебаний фактической среднесменной концентрации пыли в зоне дыхания работника на протяжении всего периода профессионального контакта с АПФД. ПН является произведением фактической среднесменной концентрации пыли в зоне дыхания работника, продолжительности контакта работника с АПФД (лет), числа рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия АПФД, объема легочной вентиляции за смену (м<sup>3</sup>).

Существующий метод предполагает сравнение полученного значения ПН со значением контрольной пылевой нагрузки (КПН), являющимся произведением среднесменной предельно допустимой концентрации пыли в зоне дыхания работника, продолжительности контакта работника с АПФД (лет), числа рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воз-

действия АПФД, объема легочной вентиляции за смену (м<sup>3</sup>). По результатам сравнения фактической пылевой нагрузки с контрольной пылевой нагрузкой условия труда относят либо к допустимому (безопасному), либо к вредному классу условий труда.

Указанный в ГОСТ метод полуколичественной оценки риска позволяет выполнять классификацию условий труда работников, которая может быть использована при организации медико-профилактических мероприятий. Вместе с тем для прогнозирования индивидуальных профессиональных рисков работников, особенно в условиях переменных экспозиций факторов и длительных перерывов, более адекватен метод оценки риска, основанный на эволюционном моделировании.

**Описание метода.** Оценка индивидуального риска профессионального заболевания легких, связанного с воздействием АПФД, выполняется на основе расчета показателя, учитывающего вероятность развития заболевания и его тяжесть как характеристику ущерба для здоровья. Расчет риска выполняется по формуле:

$$R = P \cdot g, \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность развития профессионального заболевания;  $g$  – коэффициент тяжести заболевания.

В качестве значений коэффициентов тяжести заболеваний используются значения, рекомендованные экспертами ВОЗ (1994):

- $g=0,4$  для пневмокониоза;
- $g=0,5$  для хронических респираторных болезней.

Расчет вероятности развития профессионального заболевания легких пылевой этиологии целесообразно проводить на основе анализа эволюционной модели [2, 3]. Эволюционная модель представляется в виде рекуррентных соотношений, позволяющих организовывать итерационную расчетную процедуру по временным шагам и отражающих изменение вероятности возникновения заболеваний, связанных с повреждающим действием пылевого фактора:

$$P_{t+1} = \begin{cases} P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \\ \text{если } 0 < P_t + \beta_i \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, < 1 \\ 0, \text{ если } P_t + \beta_i \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \leq 0 \\ 1, \text{ если } P_t + \beta_i \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

где  $P_{t+1}$  – вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t+1$ ;  $P_t$  – вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t$ ;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий изменение вероятности заболевания за счет воздействия пыли и зависящий от уровня фиброгенности. Для слабофиброгенных пылей  $\beta=0,0021$ , для высоко/умеренно фиброгенных пылей  $\beta=0,005$ ;  $Kc_i$  – средняя концентрация пыли  $i$ -го вещества за период времени, соответствующий временному шагу, в зоне дыхания работника,  $\text{мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация пыли  $i$ -го вещества в зоне дыхания работника,  $\text{мг/м}^3$ ;  $q$  – коэффициент, зависящий от интенсивности труда, отражающий вероятную дозу, пропорционален объему легочной вентиляции за смену и принимаемый равным:

- 0,4 для легких работ;
- 0,7 для работ средней тяжести;
- 1 для тяжелых работ.

$C$  – временной эмпирический коэффициент, соответствующий временному шагу, принимаемый в соответствии табл. 1.

Таблица 1

Значение коэффициента  $C$  для расчета риска за период  $t$

Коэффициент	Временной шаг				
	час	день	неделя	месяц	год
$C$	0,000114	0,00274	0,019231	0,083333	1

Вариация рекуррентного соотношения (2), учитывающая многокомпонентность пылей в зоне дыхания работников, оказы-

вающих влияние на вероятность развития профессионального заболевания, записывается в виде:

$$P_{t+1} = \begin{cases} P_t + \beta \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \\ \text{если } 0 < P_t + \beta_i \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, < 1 \\ 0, \text{ если } P_t + \beta_i \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \leq 0 \\ 1, \text{ если } P_t + \beta_i \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \geq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Соотношение (2) применимо для пылей, относящихся к одной группе фиброгенности. В случае, когда в зоне дыхания работника присутствуют пыли, относящиеся к различным группам фиброгенности, необходимо выполнять отдельные расчеты для каждой группы пыли.

Рекуррентные соотношения (2), (3) позволяют последовательно вычислять значение вероятности заболеваний на различных временных шагах, начиная с начального уровня. Начальный уровень вероятности развития профессионального заболевания, связанного с повреждающим действием пылевого фактора, соответствует нулевому стажу в условиях экспозиции АПФД и равен нулю:

$$P_0 = 0. \quad (4)$$

На основе соотношения (2) или (3) и начального уровня (4) последовательно выполняются расчеты на последующих временных шагах:  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , и т.д.

Выбор временного шага при выполнении расчетов с использованием рекуррентных соотношений зависит от детализации задания экспозиции. При постоянной экспозиции пыли в течение всего стажа работы временной шаг выбирается равным одному году. При задании переменной экспозиции временной шаг должен соответствовать периоду цикличности, т.е. при наличии циклов изменений значений концентрации пы-

ли больше 1 месяца выбирается шаг 1 месяц, при изменениях в течение недели или месяца – 1 день, при изменениях в течение смены – 1 час.

Средняя концентрация пыли за период времени ( $Kc_i$ ), соответствующая временному шагу, рассчитывается по формуле:

$$Kc_i = \frac{\sum_{t=0}^n K_{ti}}{n} \quad (5)$$

где  $K_{ti}$  – концентрация пыли  $i$ -го вещества за  $t$ -й час, мг/м<sup>3</sup>;  $n$  – количество часов, соответствующих временному шагу.

Метод расчета вероятности возникновения профессиональных заболеваний, связанных с воздействием АПФД, основанный на рекуррентных соотношениях, дает возможность учитывать неравномерный характер экспозиции пылевого фактора во времени, при этом принимаются во внимание не только переменные экспозиции в течение смены, но и длительность межсменных перерывов.

Для оценки профессионального риска принимается следующая шкала:

$0-1 \cdot 10^{-3}$  – малый (умеренный) риск (в руководстве Р 2.1.10.1920–04 – индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \cdot 10^{-4}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-3}$  обозначен как приемлемый для профессиональных групп);

$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$  – средний (существенный) риск;

$1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$  – высокий (непереносимый) риск;

1 – очень высокий (непереносимый) риск.

**Пример реализации.** В качестве примера использования метода оценки риска, основанного на эволюционных моделях, выполним расчет риска хронического токсического бронхита от ванадийсодержащих шлаков и пылей у работников, находящихся в условиях постоянной экспозиции ванадийсодержащих пылей, для трех уровней среднесменной концентрации: 4 мг/м<sup>3</sup>, 5,5 мг/м<sup>3</sup>, 20 мг/м<sup>3</sup>.

Величина ПДК<sub>сс</sub> для ванадийсодержащих шлаков и пылей – 4 мг/м<sup>3</sup>.

Расчет проводится для трех возможных сценариев экспозиции:

– первый сценарий  $K_{сс} = 4$  мг/м<sup>3</sup> (уровень предельно допустимой концентрации);

– второй сценарий  $K_{сс} = 5,5$  мг/м<sup>3</sup> (незначительно выше уровня предельно допустимой концентрации);

– третий сценарий  $K_{сс} = 20$  мг/м<sup>3</sup> (пятикратное превышение уровня воздействия).

Расчет предполагается с начала трудового стажа в 20 лет при высоком уровне интенсивности труда ( $q=1$ ).

Значение  $K_{сс}$  для каждого из сценариев считается неизменным на протяжении всего трудового стажа.

В этом случае для каждого сценария целесообразно выполнять расчеты с временным шагом 1 год ( $C=1$ ). Среднегодовую концентрацию можно определить по формуле:

$$Kc = \frac{K_{сс} \cdot n_1 \cdot n_2}{24 \cdot 365}, \quad (6)$$

где  $n_1$  – длительность смены, ч;

$n_2$  – число смен в году.

Если  $n_1=8$  часов и  $n_2=251$  смена, то  $Kc=K_{сс} \cdot 0,23$ . Тогда для первого сценария  $Kc=0,92$ ; для второго сценария  $Kc=1,265$ ; для третьего сценария  $Kc=4,6$ . Распределение среднегодовой экспозиции пыли во времени представлено на рис. 1.

Ванадийсодержащие пыли относятся к слабофиброгенным, поэтому  $\beta=0,0021$ . Вероятность развития профессионального заболевания определяется по соотношению:

$$P_{t+1} = P_t + 0,0021 \cdot \left( \frac{Kc}{4} - \frac{1}{3} \right) \cdot 1,$$

с начальным значением  $P_{t=20}=0$ .

Так как тяжесть хронического бронхита  $g=0,5$ , риск развития профессионального заболевания определяется по формуле

$$R = P_t \cdot 0,5.$$

График изменения риска заболевания хроническим токсическим бронхитом представлен на рис. 2.

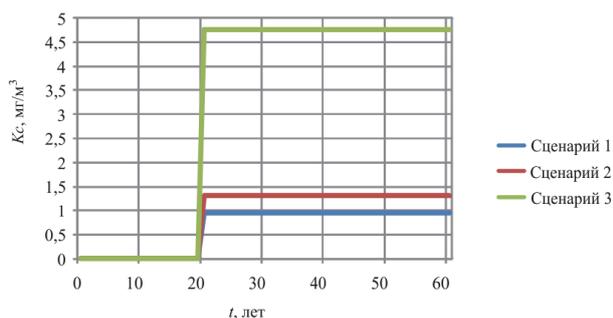


Рис. 1. Зависимость среднегодовой концентрации ванадий содержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени и уровня экспозиции

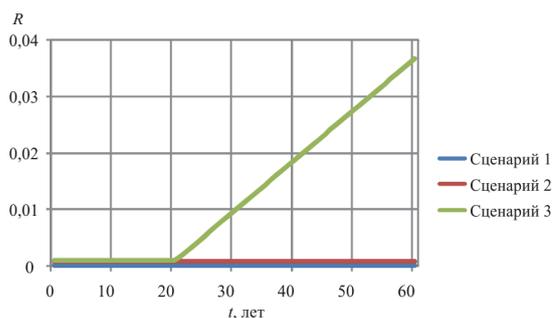


Рис. 2. Зависимость риска заболевания хроническим токсическим бронхитом от времени и уровня экспозиции

Для демонстрации метода ниже приведены варианты расчета с более частыми временными шагами.

Временной шаг 1 день характеризуется изменением экспозиции с недельной циклическостью. В этом случае при стандартной трудовой неделе в рабочие дни (понедель-

ник–пятница) среднесуточная концентрация  $K_c = K_{cc} \cdot 0,33$ , в выходные дни (суббота–воскресенье)  $K_c = 0$ . Графически такое задание экспозиции представлено на рис. 3. При этом динамика риска представляется в виде ломаной (рис. 4).

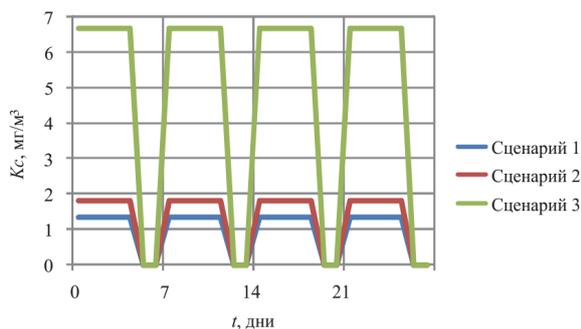


Рис. 3. Зависимость среднедневной концентрации ванадий содержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени (подневное осреднение) и уровня экспозиции

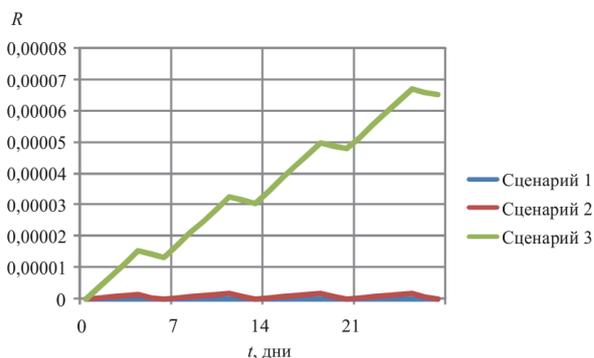


Рис. 4. Зависимость риска заболевания хроническим токсическим бронхитом от времени (подневное осреднение) и уровня экспозиции

На графиках представлена динамика показателей с момента начала трудовой деятельности.

Аналогично показаны расчеты для временного шага 1 час (рис. 5–6). При этом во время работы среднечасовая экспозиция

равна среднесменной  $K_c = K_{cc}$ , а во внерабочее время  $K_c = 0$ .

Так как среднесменная экспозиция постоянна, выполнение расчетов с временным шагом 1 день и 1 час на всем расчетном периоде приведет к результатам, представленным на рис. 2.

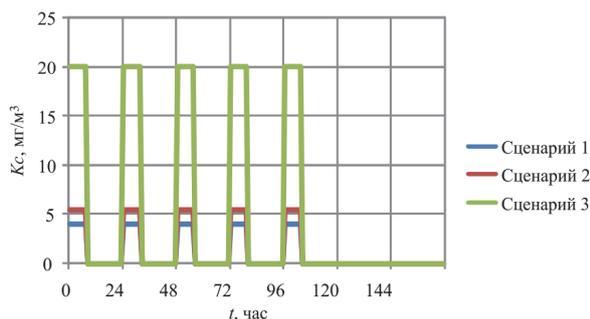


Рис. 5. Зависимость среднечасовой концентрации ванадийсодержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени (почасовое осреднение) и уровня экспозиции

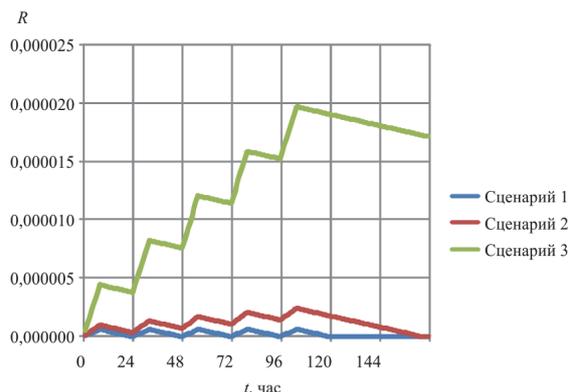


Рис. 6. Зависимость риска заболевания хроническим токсическим бронхитом от времени (почасовое осреднение) и уровня экспозиции

**Упрощенный алгоритм расчета индивидуального риска у работника.** В случае постоянно действующей экспозиции пылевого фактора или при наличии длительных стажевых отрезков с постоянной экспозицией возможен расчет индивидуального риска возникновения профессионального заболевания у работника по упрощенной методике. Упрощенная методика ориентирована на заранее подготовленные таблицы, содержащие значения индивидуального риска возникновения профессионального заболевания у работника в зависимости от стажа и уровня экспозиции относительно ПДК.

*Шаг 1.* Расчет экспозиции выполняется на основе определения среднегодового относительного коэффициента пылевой нагрузки по соотношению:

$$КПН = \frac{Kcc}{ПДК} \cdot \frac{n_1}{24} \cdot \frac{n_2}{365} \cdot q \quad (7)$$

где КПН – среднегодовой относительный коэффициент пылевой нагрузки;  $Kcc$  – среднесменная концентрация;  $n_1$  – длительность смены, ч;  $n_2$  – число смен в году;  $q$  – коэффициент, зависящий от интенсивности труда, отражающий вероятную дозу, пропорционален объему легочной вентиляции за смену и принимаемый равным:

- 0,4 для легких работ;
- 0,7 для работ средней тяжести;
- 1 для тяжелых работ.

*Шаг 2.* На основании значения КПН и стажа работы в условиях постоянной экспозиции по рис. 7–10 определяется величина индивидуального риска развития профессионального заболевания у работника. Риск заболевания находится на пересечении строки, соответствующей стажу, и столбца, соответствующего КПН (экспозиции).

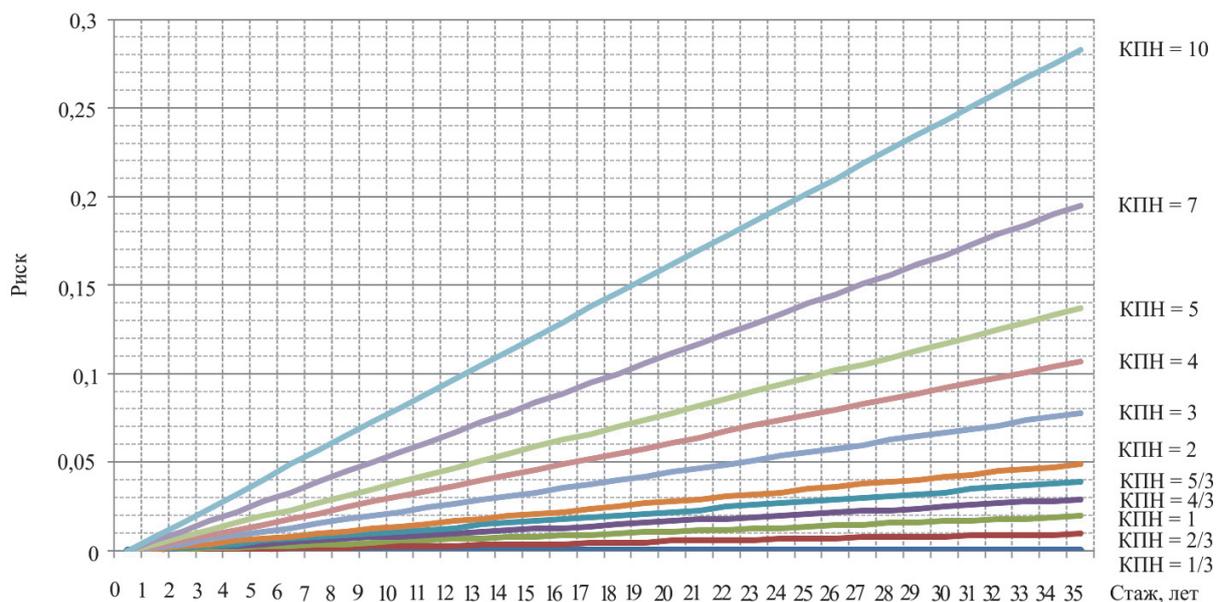


Рис. 7. Значения индивидуального риска заболевания в зависимости от времени и экспозиции АПФД (слабофиброгенные пыли), тяжесть заболевания 0,4

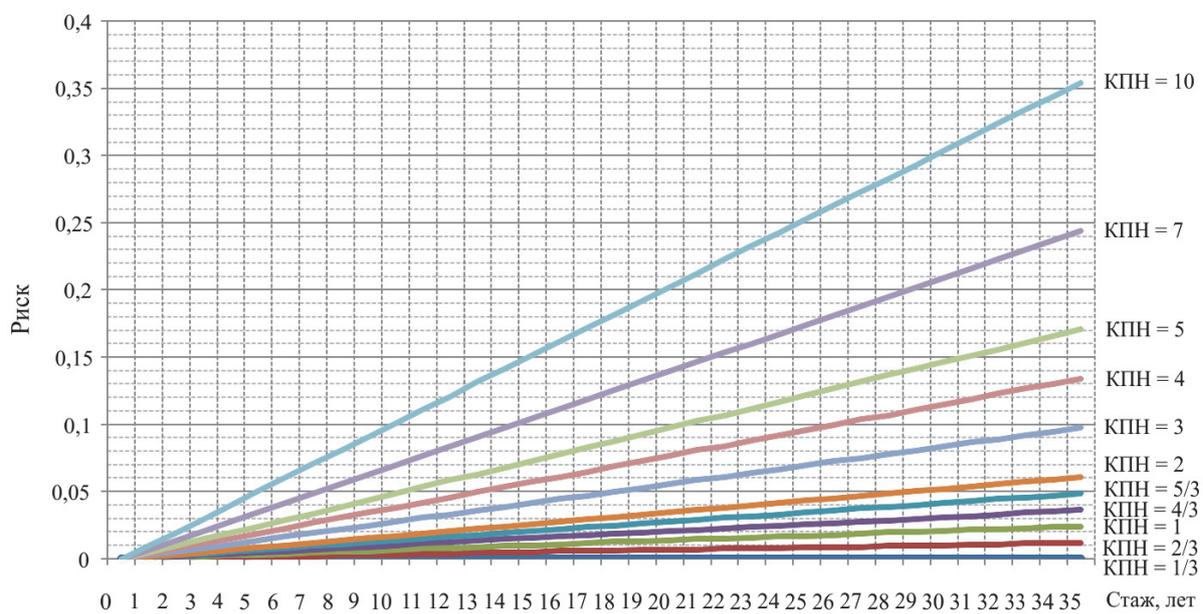


Рис. 8. Значения индивидуального риска заболевания в зависимости от времени и экспозиции АПФД (слабофиброгенные пыли), тяжесть заболевания 0,5

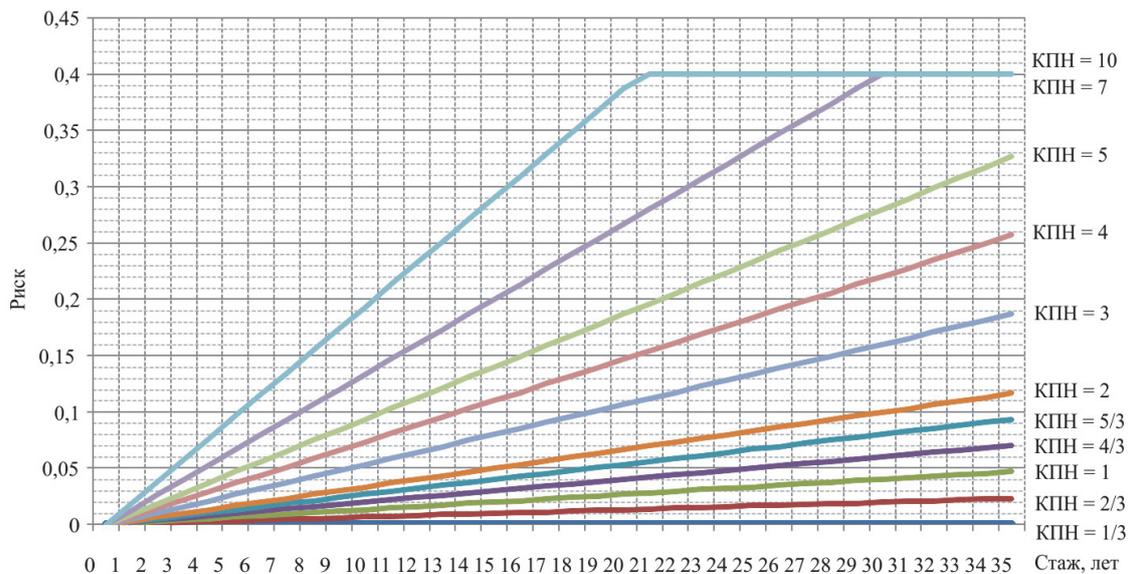


Рис. 9. Значения индивидуального риска заболевания в зависимости от времени и экспозиции АПФД (высоко/умереннофиброгенные пыли), тяжесть заболевания 0,4

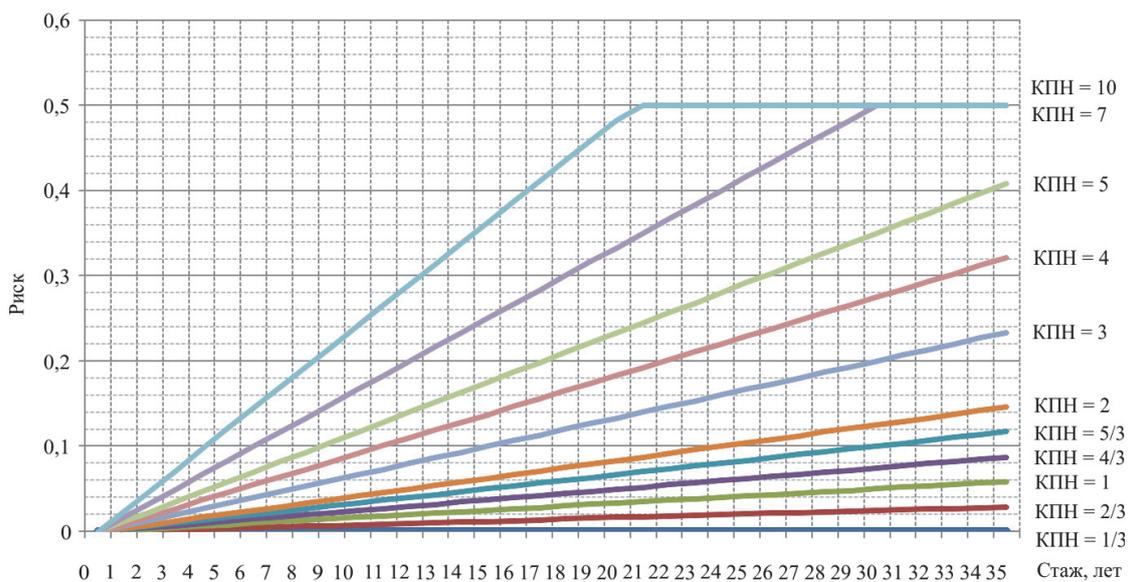


Рис. 10. Значения индивидуального риска заболевания в зависимости от времени и экспозиции АПФД (высоко/умереннофиброгенные пыли), тяжесть заболевания 0,5

В случае, когда вычисленное значение КПН отсутствует в таблице, индивидуальный риск развития профессионального заболевания у работника вычисляется с использованием двух соседних по КПН вероятностей по формуле:

$$R = R_H + \left( \frac{КПН - КПН_H}{КПН_B - КПН_H} \right) \cdot (R_B - R_H), \quad (8)$$

где КПН – среднегодовой относительный коэффициент пылевой нагрузки;  $КПН_H$  – меньшее значение табличного КПН;  $КПН_B$  – большее значение табличного КПН;  $R_H$  – индивидуальный риск развития профессионального заболевания, соответствующий меньшему значению табличного КПН ( $КПН_H$ );  $R_B$  – индивидуальный риск развития профессионального заболевания, соот-

ветствующий большему значению табличного КРН (КРН<sub>B</sub>)

*Шаг 3.* В случае, если общий трудовой стаж работника можно разделить на периоды, различающиеся по уровню экспозиции пылевого фактора, расчет индивидуального риска развития профессионального заболевания у работника выполняется как сумма рисков для отдельных периодов:

$$R = R^1 + R^2 + R^3 + \dots, \quad (9)$$

где  $R^1, R^2, R^3, \dots$  – индивидуальный риск развития профессионального заболевания в различные периоды трудового стажа.

*Шаг 4.* В случае, если в ходе трудовой деятельности у работника происходит длительный перерыв, возможно снижение накопленного индивидуального риска развития профессионального заболевания у работника. Значения величины, на которую происходит снижение индивидуального риска развития профессионального заболевания, берется из табл. 2 в соответствии с необходимым временным периодом.

Таблица 2

Снижение индивидуального риска заболевания от перерыва в работе под воздействием пылевого фактора

Стаж, лет	Снижение вероятности заболевания (тяжесть 0,4)		Снижение вероятности заболевания (тяжесть 0,5)	
	Слабофиброгенные пыли	Высоко/умеренно фиброгенные пыли	Слабофиброгенные пыли	Высоко/умеренно фиброгенные пыли
1/12	-0,00002	-0,00006	-0,00003	-0,00007
1	-0,00028	-0,00068	-0,00035	-0,00085
2	-0,00056	-0,00132	-0,0007	-0,00165
3	-0,00084	-0,002	-0,00105	-0,0025
4	-0,00112	-0,00268	-0,0014	-0,00335
5	-0,0014	-0,00332	-0,00175	-0,00415
6	-0,00168	-0,004	-0,0021	-0,005
7	-0,00196	-0,00468	-0,00245	-0,00585
8	-0,00224	-0,00532	-0,0028	-0,00665
9	-0,00252	-0,006	-0,00315	-0,0075
10	-0,0028	-0,00668	-0,0035	-0,00835
11	-0,00308	-0,00732	-0,00385	-0,00915
12	-0,00336	-0,008	-0,0042	-0,01
13	-0,00364	-0,00868	-0,00455	-0,01085
14	-0,00392	-0,00932	-0,0049	-0,01165
15	-0,0042	-0,01	-0,00525	-0,0125
16	-0,00448	-0,01068	-0,0056	-0,01335
17	-0,00476	-0,01132	-0,00595	-0,01415
18	-0,00504	-0,012	-0,0063	-0,015
19	-0,00532	-0,01268	-0,00665	-0,01585
20	-0,0056	-0,01332	-0,007	-0,01665
21	-0,00588	-0,014	-0,00735	-0,0175
22	-0,00616	-0,01468	-0,0077	-0,01835
23	-0,0064	-0,01532	-0,008	-0,01915
24	-0,00668	-0,016	-0,00835	-0,02
25	-0,00696	-0,01668	-0,0087	-0,02085
26	-0,00724	-0,01732	-0,00905	-0,02165
27	-0,00752	-0,018	-0,0094	-0,0225
28	-0,0078	-0,01868	-0,00975	-0,02335
29	-0,00808	-0,01932	-0,0101	-0,02415
30	-0,00836	-0,02	-0,01045	-0,025

Упрощенный алгоритм расчета индивидуального риска ориентирован на выполнение приближенных оценок, при этом вычислительные процедуры сведены к минимуму. Для эффективного использования упрощенного алгоритма большинство трудоемких вычислений сведены в специальные таблицы, содержащие не только значения риска, но и категории риска, согласно шкале оценок, и они выделены цветом.

Таким образом, метод, основанный на построении и анализе эволюционных моделей, может иметь широкое применение

в практической деятельности специалистов в области профпатологии. Метод позволяет выполнять оценочные расчеты не только в случае постоянной экспозиции пылевого фактора, но и при любых динамических особенностях распределения значений в течение смены, рабочей недели года. Кроме того, применение рекуррентных соотношений при оценке риска дает возможность осуществлять ретроспективные и прогноз-ные оценки, учитывающие персональную историю контакта работника с пылевым фактором.

### Список литературы

1. Влияние пылевой нагрузки на показатели оксидантной и антиоксидантной защиты у работников сталеплавильного производства / М.А. Землянова, Н.В. Зайцева, В.Н. Звездин, Д.М. Шляпников // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 11. – С. 17–21.
2. Математическая модель эволюции функциональных нарушений в организме человека с учетом внешнесредовых факторов / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин [Электронный ресурс] // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – № 2. – С. 589–610. – URL: [http://www.matbio.org/2012/Trusov\\_7\\_589.pdf](http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf) (дата обращения: 05.12.2012).
3. 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.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2011 году: государственный доклад Роспотребнадзора. – М., 2012. – 316 с.

### References

1. Zemljanova M.A., Zajceva N.V., Zvezdin V.N., Shljapnikov D.M. Vlijanie pylevoj nagruzki na pokazateli oksidantnoj i antioksidantnoj zashhity u rabotnikov staleplavil'nogo proizvodstva [Influence of dust load on the performance of oxidant and antioxidant protection in steelworks' employees]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*, 2013, no. 11, pp. 17–21.
2. Trusov P.V., Zajceva N.V., Kir'janov D.A., Kamaltdinov M.R., Cinker M.Ju., Chigvincev V.M., Lannin D.V. Matematicheskaja model' jevoljucii funkcional'nyh narushenij v organizme cheloveka s uchetom vneshnesredovyh faktorov [Mathematical model of the evolution of functional disorders in the human body, taking into account environmental factors]. *Matematicheskaja biologija i bioinformatika*, 2012, no. 2, pp. 589–610. Available at: [http://www.matbio.org/2012/Trusov\\_7\\_589.pdf](http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf).
3. Zajceva N.V., Shur P.Z., Kir'janov D.A., Kamaltdinov M.R., Cinker M.Ju. Metodicheskie podhody k ocenke populjacionnogo riska zdorov'ju na osnove jevoljucionnyh modelej [Methodological approaches to the assessment of population health risk on the basis of evolutionary models]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2013, no. 1(238), pp. 4–6.
4. Gosudarstvennyj doklad Rospotrebnadzora «O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2011 godu» [Rospotrebnadzor State report “On the state sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2011”]. Moscow, 2012. 316 p.

## METHODOLOGICAL PROVISION OF THE INDIVIDUAL RISK ASSESSMENT OF LUNG DISEASE ASSOCIATED WITH EXPOSURE TO DUST FACTOR OF WORKPLACE ON THE BASE PF EVOLUTIONARY MODELS

**N.V. Zaitseva, V.B Aleksyeev, P.Z. Shur, D.A. Kiryanov, D.M. Shlyapnikov, V.M. Chigvintsev**

Federal Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies", Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya St., 614045

As the development of semi-quantitative method for risk assessment of lung disease progression due to occupational exposure to the dust factor, the risk forecast method has been proposed, which bases on the evolutionary modeling. The proposed method has a number of advantages associated with variable working conditions of workers in relation to dust concentrations in the breathing zone and the intensity of the labor process. The proposed methodology allows performing calculations at various time steps, and consider the intervals between shifts and exit out of the exposure area, risk reduction during the holiday weekend, as well as for long periods of time (vacation, breaks in work). For use in the practice the simplified algorithm, which allows to perform risk assessment on the basis of special tabulations, has been suggested.

**Key words:** dust factor, occupational diseases, evolutionary modeling, risk assessment.

---

© Zaitseva N.V., Aleksyeev V.B., Shur P.Z., Kiryanov D.A., Shlyapnikov D.M., Chigvintsev V.M., 2014

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

**Alexeev Vadim Borisovich** – PhD, DSc in Medicine, Deputy Director for organizational and methodological work (e-mail: vadim@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-70).

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

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

**Shlyapnikov Dmitry Mikhailovich** – Head of The Health Risk Analysis Department (e-mail: shlyapnikov@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

**Chigvintsev Vladimir Mikhailovich** – Research assistant of department for mathematical modeling of systems and processes (e-mail: cvm@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

## ВЛИЯНИЕ СВЕТА И ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА РИСК ДИСГАРМОНИЗАЦИИ СИНТЕЗА МЕЛАТОНИНА В ШИШКОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ

В.Н. Дейнего<sup>1</sup>, В.А. Капцов<sup>2</sup>, А.И. Сорока<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ООО «Новые энергетические технологии», Россия, 143025, Московская обл., Деревня Сколково, «Технопарк „Сколково“», ул. Новая, д.100

<sup>2</sup>ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены» Роспотребнадзора, Россия, 125438, г. Москва, Пакгаузное шоссе, 1, корп. 1

<sup>3</sup>ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Россия, 105005, г. Москва, Бригадирский пер., 4

Показано, что в шишковидной железе процесс синтеза серотонина – мелатонина из триптофана классифицируется как колебательный процесс и может быть описан в терминах паттерна, что позволяет построить сезонные и годовые графики изменения дозы мелатонина в крови человека. Перераспределение между серотонином и мелатонином в гормональном спектре регулируется продолжительностью светового воздействия на ганглиозные клетки сетчатки глаз, а уровни дозы мелатонина зависят от сенсорных свойств шишковидной железы. Циклический процесс синтеза мелатонина под воздействием освещения может вступить в диссонанс с астрономическим циклом работы шишковидной железы, что нарушает гармонию в работе антиоксидантной системы человека и отрицательно сказывается на его здоровье, увеличивая риск заболевания в отдаленной перспективе.

Морфологические исследования шишковидной железы показали, что в ней синтезируются разнообразные кристаллы (кальциты, флюориты), которые могут соединяться в объемную матрицу. Эти кристаллы обладают прямым и обратным пьезоэлектрическим эффектом и могут содержать ионы фосфора, магния и фтора. Выявлено, что концентрация фтора в шишковидной железе человека больше, чем в его костях. Проведен анализ образования кальцитов ( $\text{CaCO}_3$ ) в различных биологических системах и предложена новая модель взаимодействия кристаллов и внутриклеточной структуры шишковидной железы. В этой системной модели увязаны кристаллы кальцитов, соприкасающихся с глиальными клетками, с сеткой, в которой имеются каналы с мелатонином, образующие в мозге человека чувствительную область к градиентно-гравитационному воздействию (от перераспределения окружающей массы или изменения удельной плотности окружающей среды).

Сформулированы предложения по корректировке гигиенических требований к спектру света и длительности освещения от искусственных источников света, а также требования по исключению внедрения фтора в продукты питания (молоко, муку, воду) и в предметы гигиены (зубную пасту). Меланопигментный паттерн может быть положен в основу методики прогнозирования уровня мелатонина в антиоксидантной системе человека.

**Ключевые слова:** гигиена труда, мелатонин, паттерн, мозговой песок, градиент концентрации, гравитационный градиент, фазочастотный градиент.

В современных условиях резко возрастает актуальность проблемы безопасности и оценки риска нанесения вреда здоровью населения при воздействии факторов среды обитания. Это обусловлено массовым внедрением энергосберегающих светильников (их спектр света имеет большую дозу синего света), про-

дуктов питания и личной гигиены (которые содержат фтор, бром), директивным сдвигом часов и календарей, а также массовым внедрением современных устройств отображения информации (со светодиодной подсветкой), а также ростом мощности искусственных электромагнитных полей (мобильные телефоны и Wi-Fi).

© Дейнего В.Н., Капцов В.А., Сорока А.И., 2014

Дейнего Виталий Николаевич – руководитель проекта (e-mail: aet@aetechnologies.ru; тел.: 8 (495) 280-76-07).

Капцов Валерий Александрович – член-корр. РАМН, доктор медицинских наук, проф., советник директора (e-mail: karcovva39@mail.ru; тел.: 8 (499) 15-33-628).

Сорока Александр Иванович – ведущий аналитик кафедры СМ-5 (e-mail: kafsm5@sm.bmstu.ru; тел.: 8 (499) 263-66-05).

При этом отсутствует методология прогнозирования рисков негативного воздействия указанных факторов на здоровье человека и социальных групп людей.

В большом многообразии частных методик прогнозируются параметры, которые характеризуют либо физические, либо психические показатели здоровья человека. Рассматривая физическое и психическое здоровье в совокупности, мы попытались определить необходимые и достаточные условия для сохранения здоровья человека и социальных групп. В основу методологии был положен факт, что биологические процессы, протекающие в органах человека и его психике, в значительной степени зависят от его гормонального спектра, который формирует шишковидная железа (эпифиз). Гормоны эпифиза влияют на биоэлектрическую активность мозга и нервно-психическую деятельность, оказывая снотворный, анальгезирующий, седативный, а также галлюциногенный эффекты. Уровень гормонов определяет предрасположенность человека к тем или иным заболеваниям и особенно влияет на болезни сердечно-сосудистой и пищеварительной систем.

Оценку рисков заболеваемости человека и социальных групп можно осуществлять по состоянию гормональной системы (серотонин–мелатонин), которая подвергается циклическому воздействию управляемых и неуправляемых внешних факторов (рис. 1). Дисгармонизация этих процессов является основой для развития болезней и повышения рисков заболеваемости человека или социальной группы людей.

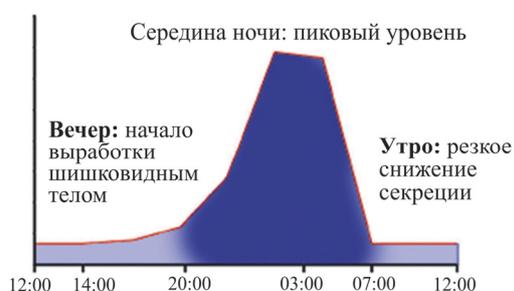


Рис. 1. Зависимость количества мелатонина от времени суток

В настоящее время активно исследуются биоритмы, связанные с воздействием света и светового загрязнения в ночное время на работу шишковидной железы и, в частности, подавление и выбросы мелатонина в кровеносную систему человека при смене дня и ночи [7]. В ряде исследований показано, что на процесс синтеза мелатонина в шишковидной железе существенное влияние оказывает спектр искусственных источников света [1]. При этом отмечается, что для процесса синтеза мелатонина из серотонина необходим триптофан, который не синтезируется в организме человека и поступает только с продуктами питания. Учитывая этот факт, исследователями сформулирован закон внешнего дополнения для системы синтеза мелатонина, согласно которому количество синтезированного мелатонина всегда меньше количества потребленного триптофана. Основная доля мелатонина синтезируется в шишковидной железе, но небольшое количество продуцируется и в других центрах, таких как желудок, яичники, сетчатка глаза. То есть в организме человека существуют градиент концентрации мелатонина в разных центрах его синтеза, работа которых скоординирована между собой.

Кривая выработки мелатонина отражает персональный характер и вычисляется по формуле

$$K_M = D_D/D_N,$$

при этом очень важно соотношение между дневной ( $D_D$ ) и ночной ( $D_N$ ) дозами, чем больше значение  $K_M$ , тем меньше градиент концентрации мелатонина. Амплитуда ночной дозы синтезированного мелатонина зависит от возраста человека и времени года.

С возрастом разница между дневной и ночной дозой становится мало различимой, то есть коэффициент  $K_M$  возрастает, увеличивая риск заболеваемости человека. Это обусловлено тем, что градиент концентрации является основным механизмом в транспорте веществ, белков, гормонов в биологических системах и в их энергетическом взаимодействии.

Для прогнозирования риска заболеваемости на длительный период времени предлагается применять мелатониновый паттерн, параметры которого должны уточняться с учетом длительности интервала прогноза и указанных выше закономерностей. Мелатониновый паттерн у каждого человека на удивление стабилен от ночи к ночи, в то время как паттерны разных людей одного пола и возраста в деталях настолько различны, что есть основание говорить об индивидуальном паттерне, характеризующем данную личность.

В основе методики прогнозирования лежит методология фазового портрета колебательного процесса, которая применялась специалистами Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова в ходе выполнения проекта «Биотропное воздействие космической погоды: новые направления исследований». Целью проекта являлось изучение общепланетарных агентов влияния факторов внешней среды на организм функционально здоровых людей и создание динамической модели режимов адаптации и синхронизации работы сердца.

В отличие от этого метода мы использовали фазовое пространство с линией переключения фазовой траектории процесса синтеза мелатонина, положение которой определяется часом и датой рождения человека, а также принимали во внимание тот факт, что работа сердца и других органов в значительной степени зависит от процесса синтеза мелатонина. В такой модели линии переключений фазовой траектории могут дополняться в соответствии с моментом времени появления нового фактора, воздействие которого влияет (отрицательно или положительно) на процесс синтеза мелатонина. На рис. 2 представлен фазовый портрет (в полярных координатах) для суточного мелатонинового паттерна, который может объединяться в годовые и десятилетние меланопсиновые паттерны.

На фазовом портрете суточного мелатонинового паттерна нанесены области значений дозы мелатонина для времен суток. Фазовый портрет для процесса синтеза

мелатонина от момента рождения до часа смерти человека будет представлять собой совокупность множеств фазовых портретов годовых меланопсиновых паттернов с точками перехода в день рождения человека. Этот день является точкой переключения (точка бифуркации – смена установившегося режима работы системы) процесса синтеза мелатонина в шишковидной железе. Фазовая траектория процесса синтеза мелатонина показывает, как меняется градиент концентрации мелатонина в каждый момент времени.

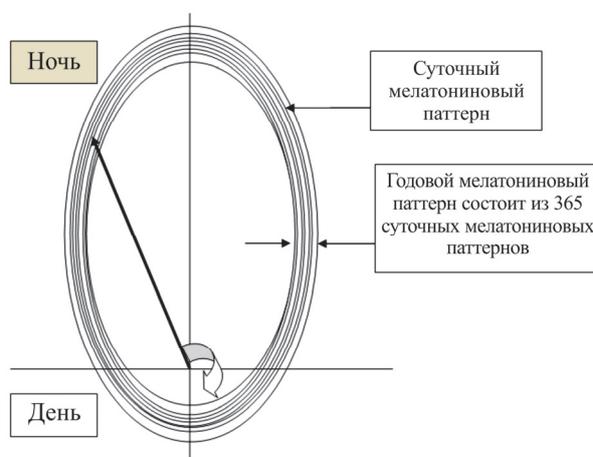


Рис. 2. Фазовый портрет суточного и годового мелатонинового паттерна, который состоит из 365 суточных паттернов

Учитывая, что жизнь человека имеет этапы (до рождения, момент рождения, от года и до 10 лет и далее), на рис. 3 для наглядности приведены две фазовые траектории процесса синтеза мелатонина от дня рождения и до десяти лет и от десяти лет и далее.

В такой модели возраст человека измеряется количеством оборотов на фазовом портрете, а точность повышается за счет того, что один оборот равен суткам (24 часа). Возраст человека в часах равен произведению количества оборотов на 24 часа и к полученному произведению прибавляются часы соответствующей точки прогноза на суточном фазовом портрете меланопсинового паттерна. В утробе матери ребенок имеет общий с матерью суточный меланопси-

синовый паттерн. В момент рождения и при дальнейшем кормлении (один-два года) параметры суточного материнского паттерна в общем сохраняются, потом у ребенка формируется свой начальный суточный мелатониновый паттерн, и процесс синтеза его мелатонина представляет собой раскручивающуюся спираль до момента достижения к 10-летнему возрасту максимальной ночной дозы мелатонина. После этого возраста мелатониновая спираль начинает скручиваться по ранее выявленным

законам (текущая ночная доза мелатонина всегда больше или равна последующей ночной дозе). Формы спиралей могут иметь математическую интерпретацию (модель), которая может учитывать особенности синтеза мелатонина шишковидной железой в условиях воздействия управляемых и неуправляемых дестабилизирующих факторов. При этом необходимо учитывать пол человека и интенсивность физической нагрузки, влияющих на дозу синтезируемого мелатонина.

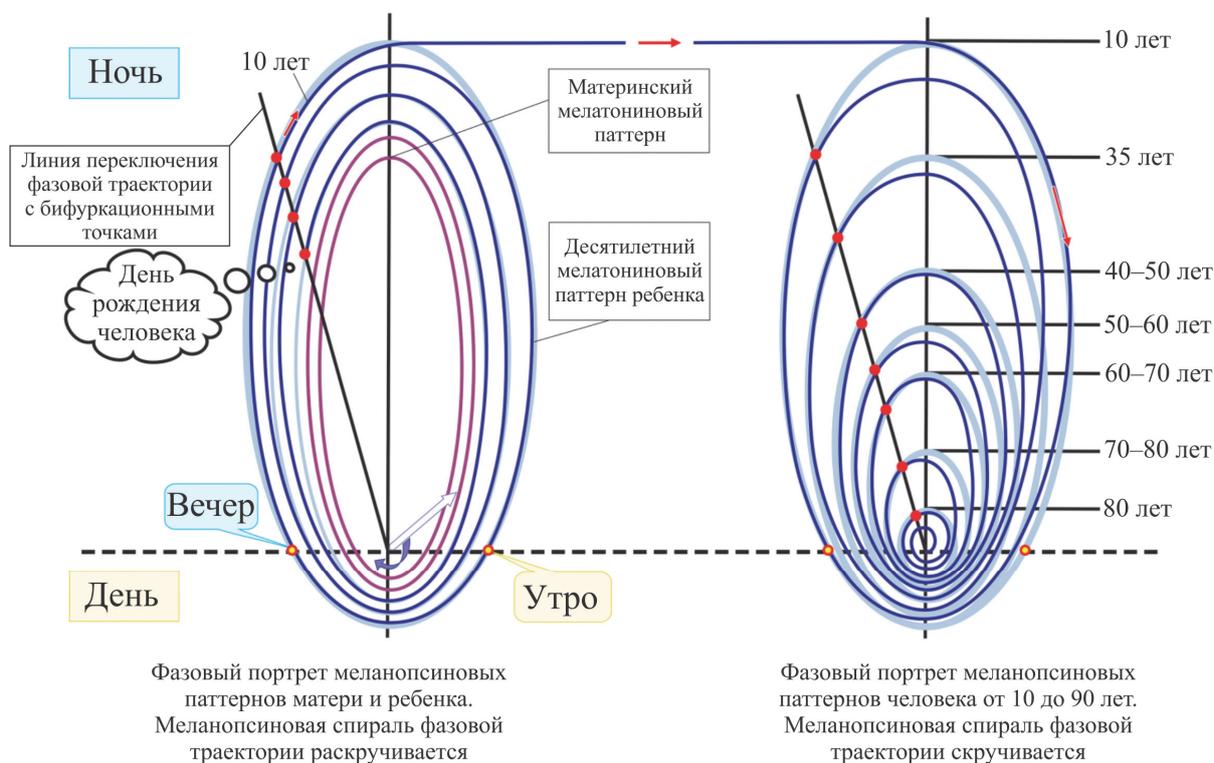


Рис. 3 Фазовые портреты меланопсиновых паттернов

Циклический процесс синтеза мелатонина под воздействием искусственного освещения может вступать в диссонанс с астрономическим циклом работы шишковидной железы, что нарушает гармонию в работе антиоксидантной системы человека и циклического изменения концентрации кальция в пинеалоцитах и отрицательно сказывается на его здоровье, увеличивая риск заболевания в отдаленной перспективе.

Для оценки степени воздействия на шишковидную железу полей космического пространства, в частности, градиента гра-

витационного поля, был проведен анализ литературных данных по луно-сенсорной функции и морфологическому строению шишковидной железы.

Обобщение результатов управления через матрицу ганглиозных клеток сетчатки глаза и морфологического анализа строения шишковидной железы привело к формированию новой парадигмы ее функционирования в условиях воздействия градиента гравитационного поля, что следует учитывать при построении фазовой траектории процесса синтеза мелатонина.

Шишковидная железа состоит из пинеалоцитов, глиальных клеток и сети нейронов, связывающих матрицу пинеалоцитов с матрицей ганглиозных клеток сетчатки глаза, кристаллов и общей органической каркасной сеткой, состоящей из соединительнотканной септы с каналцами, по которым циркулирует жидкость.

Синтез мелатонина в шишковидной железе происходит в пинеалоцитах, функционально взаимодействующих со зрительным нервом, транслирующим сигнал от ганглиозных клеток сетчатки глаза (рис. 4). В них из триптофана синтезируется серотонин–мелатонин, который через каналцы соединительнотканной сетки поступает в кровеносную систему.

Из схемы синтеза мелатонина видно, что существует однозначная нейронная связь между ганглиозной клеткой (имеет один сигнальный выход) и пинеалоцитом (имеет один сигнальный вход), строение которой представлено на рис. 5

Пинеалоциты объединены в паттерн в виде цветка ромашки, центром которой являются капилляры кровеносной системы. Пинеалоцитный паттерн с множеством клеток классифицируется как дольки, которые заполняют все пространство шишковидной железы, а между дольками на соединительнотканной септе находятся эпифизарные конкреции (кристаллы).

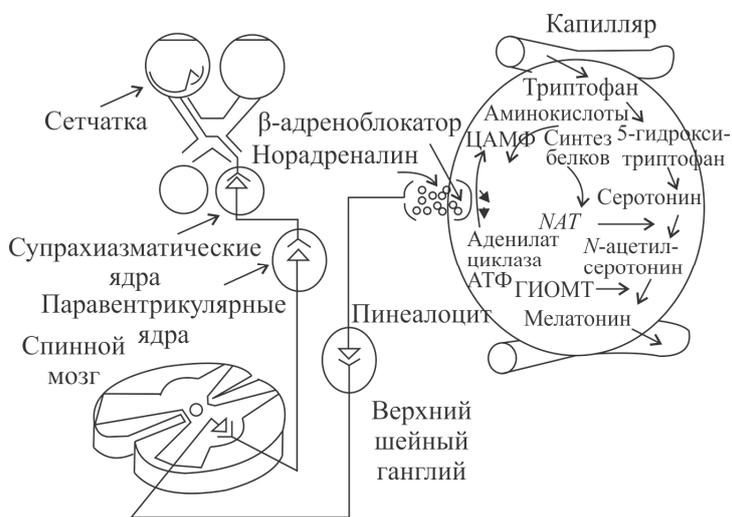


Рис. 4. Основные этапы биосинтеза мелатонина в эпифизе и нервные пути регуляции этого процесса (цит. по Э.Б. Арушанян, 1991)

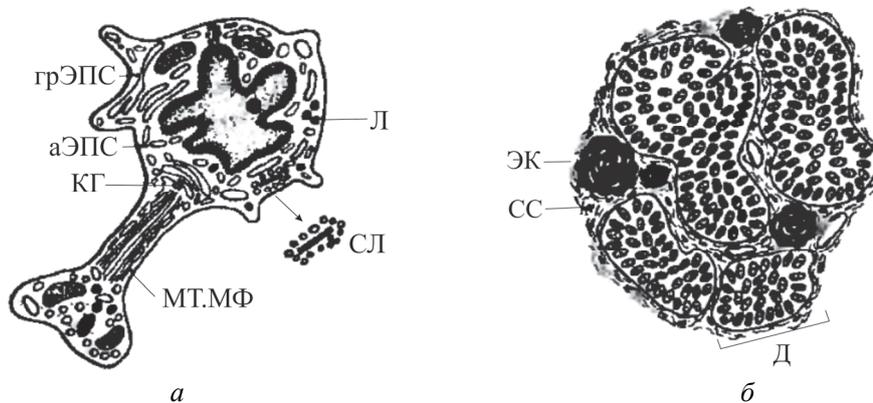


Рис. 5. Схема пинеалоцита (а) и эпифиза (б): а – КГ – комплекс Гольджи; Л – лизосомы; МТ, МФ – микротрубочки и микрофиламенты; СЛ – синаптические ленты (зрительный нерв, который связывает клетку с ганглиозными клетками сетчатки глаза); б – СС – соединительнотканная септа; Д – дольки; ЭК – эпифизарные конкреции (кристаллы)

В сетчатке содержится  $2,4 \cdot 10^6$  ганглиозных клеток, а это значит, что количество управляемых пинеалоцитов не может быть меньше. С возрастом количество ганглиозных клеток под действием световой нагрузки (дозы синего света) уменьшается. Это приводит к нарушению управления пинеалоцитами синтеза мелатонина, которое может повлечь за собой уменьшение синтезируемой дозы и ускорение процесса образования кристаллов в пинеалоцитах из-за избытка кальция.

Кристаллы – «мозговой песок» – занимают особое место в строении шишковидной железы. «Мозговой песок» содержит большое количество кальция, который играет исключительную роль в клетках растений и человека. Так, из-за разницы содержания кальция мужские и женские клетки (сперматозоид–яйцеклетка) передают сигналы друг другу (по градиенту концентрации). Кальций содержится в акросоме в виде кристалла неорганического фосфата – микроэлемент, содержащийся в организме в виде солей (фосфаты кальция, магния).

Следует отметить, что в биологии кроме градиента концентрации (веществ и молекул, которые являются источниками колебаний) существует фазочастотный градиент, согласно которому молекулы посылают электромагнитные волны специфической частоты, позволяющие им не только «видеть» и «слышать» друг друга, но и влиять друг на друга на расстоянии. Фазочастотный градиент очень важен для понимания процессов биосборки белков в сложные объекты, такие как водородные моторы, для синтеза АТФ, которые работают за счет градиентной концентрации ионов водорода. Кристаллы (централизованное скопление мелатонина) создают значительные градиенты концентрации, а наличие фазочастотного градиента устанавливает между ними безамплитудную энегоинформационную связь и вызывает движущую силу сближения или отталкивания. Если применить теоретические исследования А.Ф. Черняева, то силу взаимо-

влияния двух осцилляторов ( $V_1$  и  $V_2$ ) с концентрацией  $K_1$  и  $K_2$ , и имеющих фазочастотный ( $\psi_1 - \psi_2$ ;  $f$  – частота генерации осцилляторов) сдвиг, можно оценить через градиент концентрации ( $\text{grad } K_{12}$ ) по формуле:

$$F = \gamma \frac{K_1 K_2 V_1 V_2 (\text{grad } K_{12})^2}{(K_1 - K_2)} \cos(\psi_2 - \psi_1),$$

где  $F$  – сила взаимодействия осцилляторов;  $\gamma$  – гравитационный коэффициент;  $\cos(\psi_1 - \psi_2)$  – знак действия силы, в зависимости от длин волн и их фаз ( $\psi_1$  и  $\psi_2$ ), обусловлено либо притяжением, либо отталкиванием тел при:

- $\cos(\psi_1 - \psi_2) = 1$  – имеет место притяжение между телами;
- $\cos(\psi_1 - \psi_2) = 0$  – отсутствует и притяжение, и отталкивание, расстояние между телами не изменяется;
- $\cos(\psi_1 - \psi_2) = -1$  – имеет место отталкивание тел.

Вся современная биология построена на принципе градиентной концентрации. Представленная оценочная формула силы взаимодействия двух объемов с разной концентрацией осцилляторов хорошо согласуется с выводом, изложенным в работе, и теоретическими принципами ритмодинамики на основе безамплитудной энегоинформационной связи между объемами с разной концентрацией веществ ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ), белков, аминокислот и гормонов.

Для нас очень важен вопрос: как кальцинирование шишковидной железы влияет на выработку серотонина и мелатонина?

В [6] представлены результаты исследования по установлению отношений между секрецией мелатонина и размером некальцинированного объема шишковидной железы. Как считают авторы, увеличение кальцификации шишковидной железы вызывает уменьшение числа функционирующих пинеалоцитов, что приводит к снижению секреции серотонина и мелатонина [6].

Трёхмерный томографический анализ позволил установить, что конкременты

впервые появляются в одной локальной точке эпифиза, а затем распространяются на соседние его участки. Такой процесс характерен для людей без отклонений в психике. При шизофрении и болезни Альцгеймера рентгеновская микротомография и трёхмерный анализ выявили несколько зон конкрементобразования, что свидетельствует о возможности растворения как композитного гидроксиапатита, так и флюоритов и динамического изменения структурной организации конкрементов («мозгового песка»).

В результате исследований [6, 8, 10], установлено, что при шизофрении в эпифизах находилось уменьшенное по сравнению с нормой количество «мозгового песка». Параллельно имело место утолщение трабекул, сопряженное с дополнительной васкуляризацией. В цитоплазме пинеалоцитов появились конкременты нового типа – неправильные полые сферы размером 0,1–1,5 мкм. Возможно, они содержали флюорит и свидетельствовали о специфическом метаболизме пинеалоцитов. Обнаружено, что кальциевый состав конкрементов эпифиза как в норме, так и при шизофрении был непостоянен. При сохранении органической стромы композитный гидроксиапатит может растворяться начиная от центра конкремента. Наблюдавшееся снижение количества «мозгового песка» при шизофрении могло быть связано с быстрой резорбцией гидроксиапатита в зонах первичной минерализации эпифиза либо с появле-

нием специфических цитоплазматических круглых флюоритных образований, которые в норме не встречались [2, 3, 5]. Описаны также симптомы аутизма при сбоях в работе шишковидной железы [13], корреляция между особенностями её функционирования и заболеваниями нервной системы человека, а также приведены данные о влиянии этой железы на работу сердца.

В работе [5, 9] предложено использовать расположение кристаллов в матрице и динамику их перераспределения как диагностический признак для оценки рисков отклонения в психике. Там же говорится, что в шишковидной железе могут присутствовать флюориты  $\text{CaF}_2$ . До 1990 г. не проводились исследования по влиянию фтора на шишковидную железу. Одним из инициаторов этих исследований была врач Дженнифер Люк из Университета Surrey в Англии. Она доказала, что шишковидная железа первая попадает под удар фтора. Эти кристаллы образуются при повышенном поступлении фтора и их количество прямо пропорционально его концентрации [11].

Фтор может поступать в организм с продуктами питания, водой и предметами личной гигиены (зубной пастой). Исследования показали, что содержание фтора в шишковидной железе превышает его концентрацию в костях и зубах человека.

Разновидности форм кристаллов, которые лежат на сетке в шишковидной железе человека, представлены на рис. 6.

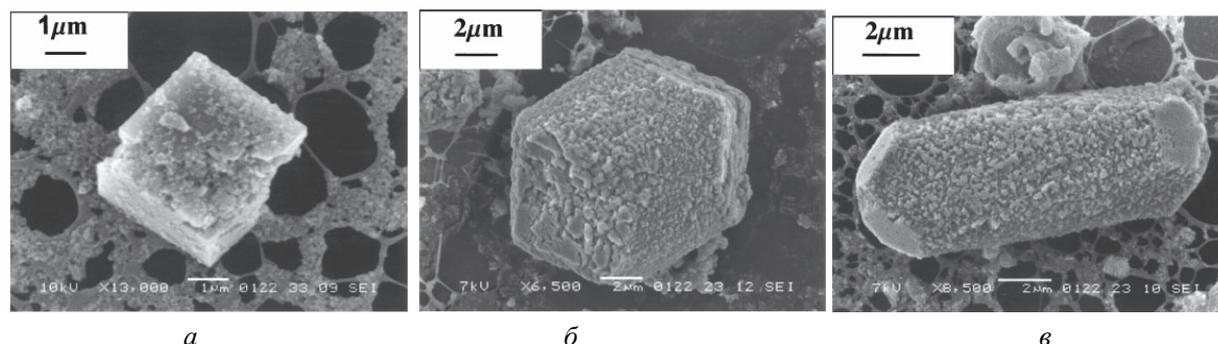


Рис. 6. Формы (а–в) одиночных кристаллов в шишковидной железе человека

Обобщение литературных источников о значимости для здоровья человека гармоничного функционирования шишковидной

железы в условиях внешних дестабилизирующих факторов позволило нам разработать модель, позволяющую оценить сте-

пень взаимосвязи между управляемыми (длительность искусственного освещения и спектр света) и неуправляемыми (циклическое изменение внешних полей различной природы) дестабилизирующими факторами с гармонизацией процесса синтеза мелатонина и с влиянием кристаллов на работу нейронов через массив глиальных клеток. При этом была высказана гипотеза, что трендовая кристаллическая матрица формируется на дефектах, вызванных воздействием гравитационных полей.

При смене среды обитания (в момент рождения) межклеточная сетка шишковидной железы, которая имеет пинеальные каналы, подвергается воздействию гради-

ента гравитационного поля, определенным образом формирующим матрицу дефектов в мембранах этой сетки. Эта матрица дефектов закрепляется межклеточными протеинами, которые впоследствии становятся центрами кристаллизации кальция, образуя кристаллическую матрицу. На протяжении всей жизни человека эта матрица разрастается и видоизменяется, а также дополняется флюоритами  $\text{CaF}_2$ . Количество кристаллов в шишковидной железе достигает примерно 18 000, исходя из плотности (в  $1 \text{ мм}^3$  – 100–300 шт.) и ее среднего объема –  $60 \text{ мм}^3$ .

Общая модель для одного кристалла приведена на рис. 7.



Рис. 7. Общая схема взаимодействия кристаллов  $\text{CaCO}_3$

Внутри шишковидной железы множество кристаллов  $\text{CaCO}_3$  образует объемную матрицу, лежащую на мембранной сетке с каналцами, по которой циркулирует жидкость – мелатонин (антиоксидант). Под действием внешних факторов каналцы могут менять свой диаметр, эти изменения передаются кристаллу, обладающему прямым и обратным пьезоэлектрическим эффектом. Генерируемый кристаллом электрический потенциал передается глиальным клеткам, активно потребляющим кальций  $\text{Ca}^{2+}$ . При этом создается градиент

концентрации. Клетки с повышенной концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  оказывают воздействие на работу нейронов и далее на работу мозга. Генерация электронов может послужить причиной чувствительности шишковидной железы к изменению магнитной составляющей.

Предложенная нами модель шишковидной железы имеет аналоги в технических системах, которые работают по принципам измерений градиента гравитации Земли, линейных и угловых ускорений (в настоящее время на принципе гравигра-

диентной технологии разрабатываются медицинские сканеры, которые безвредны для человека и с высокой степенью разрешения могут сканировать органы его тела).

Было показано, что в микрокристаллах  $\text{CaCO}_3$  шишковидной ткани наблюдается генерация второй гармоники (ГВГ), и они могут также генерировать пьезоэлектричество, предлагая уникальный электромеханический механизм биологического датчика. Пьезоэлектричество – заряд, который накапливается в определенных твердых материалах в ответ на приложенное механическое напряжение. Термин «пьезоэлектричество» означает электроэнергию в результате давления.

Исходя из новой парадигмы знаний о работе шишковидной железы, можно сказать, что в центральной части мозга человека находится область, которая аккумулирует в себе результаты воздействия:

а) управляемых дестабилизирующих факторов, таких как: освещенность среды обитания, искусственные поля различной природы, элементный состав продуктов питания, сдвиги часовых поясов и календарные сдвиги;

б) неуправляемых дестабилизирующих факторов: циклы естественных полей различной природы.

При этом результаты ее реакции (синтезируемый спектр гормонов, излучаемые вибрации) определяющим образом влияют на работоспособность, здоровье, а также продолжительность активной жизни человека.

Исходя из этого, важной гигиенической задачей является обеспечение эффективной работы шишковидной железы через оптимизацию управляемых дестабилизирующих факторов. При этом обеспечение оптимального уровня серотонина и мелатонина – это необходимые, но не достаточные условия физического здоровья человека, к которым относится формирование в шишковидной железе матрицы кристаллов, обеспечивающих его психическое здоровье.

Это значительно уменьшит риски заболеваемости человека, а применение ме-

тодологии прогнозирования концентрации мелатонина на основании фазовых портретов мелатонинового паттерна позволит с высокой точностью оценивать отдаленные риски возможного негативного влияния на здоровье человека управляемых дестабилизирующих факторов.

#### **Выводы:**

1. В течение светового дня, увеличенного искусственным освещением, идет перераспределение количеств серотонина и мелатонина в гормональном спектре шишковидной железы. Изменяя спектр света искусственного освещения и режим освещения, можно в значительной степени управлять синтезом мелатонина в гормональном спектре человека.

2. Световой режим работы человека (уровни светового загрязнения) и качество питания (количество триптофана в продуктах) может вступать в диссонанс с астрономическим циклом работы шишковидной железы, что увеличивает риски нарушения здоровья человека.

3. Установлено, что в структуре шишковидной железы синтезируются кальциты, располагающиеся на сетке с канальцами, в которых циркулирует жидкость. Диаметр канальцев может меняться под воздействием общего гравитационного поля Земли, Луны и Солнца. Совокупность кальцитов, соприкасающихся с глиальными клетками и канальцами с мелатонином, образует область мозга, чувствительную к гравитационному воздействию.

4. Продолжительность освещения мест обитания человека должна согласовываться с астрономическими циклами работы его шишковидной железы. Увеличение светового дня за счет применения искусственных источников света не должно диссонировать с нормальными астрономическими циклами работы шишковидной железы и изменять параметры мелатонинового паттерна.

5. Нормы по содержанию фтора в продуктах питания, питьевой воде и средствах личной гигиены должны быть пересмотрены с целью снижения флюоритов в шишковидной железе, напрямую влияющих на

ментальное здоровье, гормональную и антиоксидантную системы человека.

6. Необходимо расширить исследования этой проблемы в рамках государствен-

ной программы применительно к задачам медицины труда, коммунальной гигиены, гигиены питания, гигиены детей и подростков, общей и профессиональной патологии.

### Список литературы

1. Дейнего В.Н., Капцов В.А. Свет энергосберегающих светодиодных ламп и здоровье человека // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 81–84.
2. Конкременты эпифиза человека при шизофрении / С.В. Савельев, Е.А. Ерофеева, Е.И. Фокин, В.И. Гулимова, Нору Де Клерк, А.А. Постнов // Архив патологии. – 2004. – № 4. – С. 13–16.
3. Морфогенез и пространственная организация конкрементов эпифиза человека при болезни Альцгеймера, шизофрении и алкоголизме / Е.И. Фокин, С.В. Савельев, В.И. Гулимова, Е.В. Асадчиков, Р.А. Сенин, А.В. Бузмаков // Архив патологии. – 2006. – № 5. – С. 20–22.
4. Сорока А.И., Джанджгава Г.И., Августов Л.И. Состояние разработок бортового гравиградиентного модуля для систем автономной навигации и контроля окружающей среды // Сборник трудов V Научно-практической конференции «Микротехнологии в авиации и космонавтике». – М., 2007.
5. Фокин Е.И. Морфология шишковидной железы человека в позднем постнатальном онтогенезе, при болезни Альцгеймера и шизофрении: дис. ... канд. мед. наук. – М., 2008. – 157 с.
6. A New Concept for Melatonin Deficit: On Pineal Calcification and Melatonin Excretion / Dieter Kunz M., Stephan Schmitz MD, Richard Mahlberg MD, Anabelle Mohr, Christiane Stöter, Karl-Jürgen Wolf MD and Werner Martin Herrmann MD // Neuropsychopharmacology. – 1999. – № 21. – P. 765–772.
7. Aging, circadian rhythms and depressive disorders: a review / I. Campos Costa, H. Nogueira Carvalho, L. Fernandes // Am. J. Neurodegener Dis. – 2013. – № 2. – P. 228–246.
8. Calcite Microcrystals in the Pineal Gland of the Human Brain: First Physical and Chemical Studies / Simon Baconnier, Sidney B. Lang, Maria Polomska, Bozena Hilczer, Garry Berkovic, Guilia Meshulam // Bioelectromagnetics. – 2002. – № 23. – P. 488–495.
9. Chinoy N.J. Fluoride in the environment // Fluoride in medicine, biology and toxicology. – Warsaw, Poland: Katedra i Zakład Biochemii i Chemii Pomorskiej Akademii Medycznej, 2003. – P. 5–33.
10. Degree of pineal calcification (DOC) is associated with polysomnographic sleep measures in primary insomnia patients / Richard Mahlberg, Thorsten Kienast, Sven Haedel a, Jens Olaf Heidenreich Stephan Schmitz, Dieter Kunz. – URL: [www.melatonina.it/farma/download/degree\\_of\\_pineal\\_calcification.pdf](http://www.melatonina.it/farma/download/degree_of_pineal_calcification.pdf) (дата обращения: 09.04.2014).
11. Luke J. Fluoride deposition in the aged human pineal gland / School of Biological Sciences, University of Surrey, Guildford, UK // Caries Res. – 2001. – № 35 (2). – P. 125–128.
12. Luke J.A. The effect of fluoride on the physiology of the pineal gland. A dissertation submitted to the School of Biological Sciences / University of Surrey, in fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. – Guildford, 1997.
13. The Cause of Autism: A Hypothesis. Autism Viewed as a Consequence of Pineal Gland Malfunction / By Andrea Axt // Polish scientific journal “Farmakoterapia w Psychiatrii i Neurologii”. – № 98, 1. – P. 112–134.

### References

1. Dejnego V.N., Kapcov V.A. Svet jenergoberegajushhih svetodiodnyh lamp i zdorov'e cheloveka [Light of energy-saving LED bulbs and human health]. *Gigiena i sanitarija*, 2013, no. 6, pp. 81–84.
2. Savel'ev S.V., Erofeeva E.A., Fokin E.I., Gulimova V.I. Noru De Klerk, Postnov A.A. Konkrementy jepifiza cheloveka pri shizofrenii [Human epiphysis concrements in schizophrenia. Archive of pathology]. *Arhiv patologii*, 2004, no. 4, pp.13–16.
3. Fokin E.I., Savel'ev S.V., Gulimova V.I., Asadchikov E.V., Senin R.A., Buzmakov A.V. Morfogenez i prostranstvennaja organizacija konkrementov jepifiza cheloveka pri bolezni Al'cgejmerna, shizofrenii i alkogolizme [Morphogenesis and spatial organization of the human epiphysis concrements in Alzheimer's disease, schizophrenia and alcoholism]. *Arhiv patologii*, 2006, no. 5, pp. 20–22.

4. Soroka A.I., Dzhandzhgava G.I., Avgustov L.I. Sostojanie razrabotok bortovogo gravigradientnogo modulja dlja sistem avtonomnoj navigacii i kontrolja okruzhajushhej sredy [Status of development of board gravigradient module for autonomous navigation systems and environmental control]. *Sbornik trudov V Nauchno-prakticheskoj konferencii «Mikrotehnologii v aviacii i kosmonavtike»* (g. Moscow, Central'nyj dom uchenyh Rossijskoj akademii nauk 18–19 sentjabr' 2007 g.). Moscow, 2007.

5. Fokin E.I. Morfologija shishkovidnoj zhelezy cheloveka v pozdnem postnatal'nom ontogeneze, pri bolezni Al'cejmmera i shizofrenii: Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata medicinskih nauk [Morphology of the human pineal gland in the late postnatal development in Alzheimer's disease and schizophrenia. Candidate's theses in Medicine]. Moscow, 2008. 157 p.

6. Dieter Kunz M., Stephan Schmitz MD., Richard Mahlberg MD., Anabelle Mohr, Christiane Stöter, Karl-Jürgen Wolf MD., Werner Martin Herrmann MD. A New Concept for Melatonin Deficit: On Pineal Calcification and Melatonin Excretion. *Neuropsychopharmacology*, 1999, no. 21, pp. 765–772.

7. Aging, circadian rhythms and depressive disorders: a review. Campos Costa I., Nogueira Carvalho H., Fernandes L. *Am. J. Neurodegener Dis.*, 2013, no. 2, pp. 228–246.

8. Simon Baconnier, Sidney B. Lang, Maria Polomska, Bozena Hilczer, Garry Berkovic, Guilia Meshulam. Calcite Microcrystals in the Pineal Gland of the Human Brain: First Physical and Chemical Studies. *Bioelectromagnetics*, 2002, no. 23, pp. 488–495.

9. Chinoy NJ. Fluoride in the environment. In: Chlubek D, editor. Fluoride in medicine, biology and toxicology. Warsaw, Poland: Katedra i Zaklad Biochemii i Chemii Pomorskiej Akademii Medycznej. – 2003. – P. 5–33.

5. Richard Mahlberg, Thorsten Kienast, Sven Hadel a, Jens Olaf Heidenreich Stephan Schmitz, Dieter Kunz. Degree of pineal calcification (DOC) is associated with polysomnographic sleep measures in primary insomnia patients. Available at: [www.melatonina.it/farma/download/degree\\_of\\_pineal\\_calcification.pdf](http://www.melatonina.it/farma/download/degree_of_pineal_calcification.pdf).

6. Luke J. Fluoride deposition in the aged human pineal gland. School of Biological Sciences, University of Surrey, Guildford, UK. *Caries Res*, 2001, no. 35 (2), pp. 125–128.

7. Luke J.A. The effect of fluoride on the physiology of the pineal gland. A dissertation submitted to the School of Biological Sciences University of Surrey, in fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. Guildford 1997.

8. The Cause of Autism: A Hypothesis. Autism Viewed as a Consequence of Pineal Gland Malfunction. By Andrea Axt. *Polish scientific journal "Farmakoterapia w Psychiatrii i Neurologii"*, no. 98, 1, pp. 112–134.

## INFLUENCE OF LIGHT AND PHYSICAL FIELDS ON RISK OF DISHARMONIZATION OF MELATONIN SYNTHESIS IN THE PINEAL GLAND

V.N. Deynego<sup>1</sup>, V.A. Kaptsov<sup>2</sup>, A.I. Soroka<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Limited Liability Company “New Power Technologies”, “Technology Park Skolkovo”, Russian Federation, Skolkovo, Moscow region, Novaya St., 100, 143025

<sup>2</sup>Federal State Unitary Enterprise “All-Russian Research Institute of Railway Hygiene” of Rospotrebnadzor, Russian Federation, Moscow, Pakgauznoe Highway, 1, block 1, 125438

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Technical University named after N.E. Bauman”, Russian Federation, Moscow, Brigadirsky Lane, 4, 105005

It is shown that in a pineal gland serotonin-melatonin synthesis process from tryptophan is classified as oscillatory process. This process can be described in terms of pattern that allows building seasonal and annual schedules of melatonin doses changes in blood.

Redistribution between serotonin and melatonin in the hormonal spectrum is regulated by light exposure time on ganglion cells of eye retina, and the levels of melatonin doses depend on the sensory characteristics of the pineal gland. Cyclical process of melatonin synthesis under the influence of light can enter into dissonance with astronomical cycle of the pineal gland, which disturbs the harmony in the antioxidant system of an individual and affects his/her health, increasing the risk of disease in distance future.

Morphological studies of the pineal gland showed that in it a variety of crystals (calcite, fluorite) are synthesized, which can be combined into three-dimensional matrices. These crystals have direct and inverse piezoelectric effect, and may contain ions of phosphorus, magnesium and fluorine. Studies have shown that the concentration of fluoride in the pineal gland of an individual is more than in his/her bones. The analysis of calcite (CaCO<sub>3</sub>) formation in various biological systems has been implemented and the new model of interaction between crystals and intracellular structure of the pineal gland has been proposed.

In this system model there are interlinked crystals of calcite, which touch the glial cells, with the grid in which there are canals with melatonin, which form in the human brain an area sensitive to grade-gravitational effects (from redistribution of surrounding mass or changes in specific ambient density).

Suggestions to correct hygienic requirements to the light spectrum and lightning time from the artificial sources have been formulated. Requirements for excluding fluorine introduction into food stuff (milk, flour, water) and into hygienic items (tooth paste) also have been formed.

Melanopsin pattern can be accepted as a basis for forecasting techniques for detection of melatonin levels in the antioxidant system of an individual.

**Key words:** occupational health, melatonin, pattern, brain sand, concentration gradient, gravity gradient, phase-frequency gradient.

---

© Deynego V.N., Kaptsov V.A., Soroka A.I., 2014

**Deynego Vitaly Nikolayevich** – Manager of project (e-mail: aet@aetechnologies.ru; tel.: 8 (495) 280-76-07).

**Kaptsov Valery Aleksandrovich** – Associate member of the Russian Academy of Medical Sciences, MD, professor, advisor of director (e-mail: kaptcovva39@mail.ru; tel.: 8 (499) 15-33-628).

**Soroka Aleksandr Ivanovich** – Leading analyst of academic department SM-5 (e-mail: kafsm5@sm.bmstu.ru; tel.: 8 (499) 263-66-05).

УДК 614.71:551.51

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПЫЛЬЮ ПО ДАННЫМ СНЕГОСЪЁМКИ НА ОСНОВЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОЛЕЙ ВЫПАДЕНИЙ\*

**А.Ф. Щербатов<sup>1</sup>, В.Ф. Рапута<sup>2</sup>, В.В. Турбинский<sup>3</sup>, Т.В. Ярославцева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Новосибирской области, Россия, г. Новосибирск, ул. Челюскинцев, 7а, 630132

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт вычислительной математики и математической геофизики» Сибирского отделения РАН, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 6, 630090

<sup>3</sup>ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 52, 630091

Обсуждаются результаты натурных исследований загрязнения снежного покрова неорганической пылью в окрестностях промышленного предприятия по производству цемента в зимнем сезоне 2012/2013 гг. На основе численной реконструкции поля выпадений показано существование устойчивых количественных закономерностей содержания пыли в снежном покрове по радиальным относительно основного источника направлениям. Восстановлено суммарное поле выпадений пыли и проведена оценка её выбросов в атмосферу в рассматриваемом зимнем сезоне.

**Ключевые слова:** загрязнение, снежный покров, цементная пыль, численное моделирование, реконструкция.

Оценка экспозиции является краеугольным элементом оценки риска для здоровья. В этой связи повышение качества оценки экспозиции рассматривается как актуальная задача, требующая широкого применения современных методов сочетания расчетных и инструментальных данных.

Среди основных примесей, загрязняющих атмосферный воздух, важное место занимают взвешенные вещества. Они содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов в атмосферу и являются достаточно простым и весьма удобным индикатором загрязнения окружающей среды.

Распределение пыли в различных компонентах окружающей среды может визуально фиксировать источники загрязнения и зоны их воздействия.

Оценка содержания пыли в атмосфере городов и промышленных площадок проводится с использованием как стационарных, так и передвижных постов наблюдений. Однако в условиях крупных городов со сложной промышленно-селитебной застройкой из-за недостаточной плотности сети наблюдений возникают проблемы их пространственно-временной интерполяции на всю территорию. Наиболее значительные трудности появляются при оценивании

---

© Щербатов А.Ф., Рапута В.Ф., Турбинский В.В., Ярославцева Т.В., 2014

**Щербатов Александр Федорович** – руководитель (e-mail: [upravlenie@54.rosпотребнадзор.ru](mailto:upravlenie@54.rosпотребнадзор.ru); тел.: 8 (383) 220-26-78).

**Рапута Владимир Федотович** – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере (e-mail: [raputa@sscc.ru](mailto:raputa@sscc.ru); тел.: 8 (383) 33-06-151).

**Турбинский Виктор Владиславович** – доктор медицинских наук, доцент, директор (e-mail: [rector@ngmu.ru](mailto:rector@ngmu.ru); тел.: 8 (383) 222-32-04).

**Ярославцева Татьяна Владимировна** – кандидат химических наук (e-mail: [ngi@cn.ru](mailto:ngi@cn.ru); тел.: 8 (383) 343-34-01).

\* Работа выполнена при поддержке Программы РАН 4.9 и отраслевой научно-исследовательской программы «Гигиеническое обоснование минимизации рисков для здоровья населения России» (на 2011–2015 гг.) программы Роспотребнадзора по гигиенической оценке и минимизации риска для здоровья населения.

длительного загрязнения территорий города, и в этом плане перспективно использование данных мониторинга загрязнения снежного покрова [2].

Сопряжёнными исследованиями загрязнения пылью атмосферного воздуха и снежного покрова на стационарных постах Росгидромета ряда крупных городов юга Западной Сибири, включая Новосибирск, Кемерово, Барнаул, Томск, установлены коэффициенты пересчёта уровней загрязнения. Это даёт возможность по результатам изучения снежного покрова проводить ориентировочную гигиеническую оценку загрязнения воздушного бассейна города [4].

Геохимическими исследованиями выявлены количественные закономерности выпадений пыли в окрестностях промышленных площадок, что фиксируется в виде аномалий в снежном покрове, депонирующем загрязнение, и легкодоступном для изучения по любой заранее заданной сети точек отбора проб [2]. Учёт же дополнительной вполне доступной информации о параметрах источников, характеристиках дисперсного состава выбросов пыли, текущих метеорологических условиях позволяет оптимизировать систему точек отбора проб снега, повысить точность восстановления полей выпадений, оценить по данным внешнего мониторинга суммарные выбросы пыли в атмосферу [5].

**Численная реконструкция поля длительных выпадений пыли.** При расчете средней концентрации в приземном слое атмосферы определяющее значение имеют часто встречающиеся метеорологические условия. К ним относятся так называемые нормальные метеоусловия, для которых применима степенная аппроксимация скорости ветра и коэффициента вертикального турбулентного обмена [1]. Использование этих аппроксимаций, асимптотик полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии и свойств статистических характеристик распределения скорости ветра и вертикального турбулентного обмена в приземном слое атмосферы позволяет выразить плотность выпадений полидисперсной примеси за длительный промежуток

времени в виде следующей регрессионной зависимости [5]

$$\bar{\sigma}(r, \varphi, \bar{\theta}) = \theta_1 G(r, \theta_2, \theta_3) P(\varphi + 180^\circ), \quad (1)$$

$$G(r, \theta_2, \theta_3) = \frac{1}{r^{1.5}} \exp\left(-\frac{c}{r}\right) \int_0^\infty \frac{\omega^{\theta_2} \exp(-\theta_3 \omega) \left(\frac{c}{r}\right)^\omega}{\Gamma(1 + \omega)} d\omega,$$

где  $r, \varphi$  – полярные координаты,  $P(\varphi)$  – приземная роза ветров;  $\Gamma(m)$  – гамма-функция Эйлера,  $c$  – константа, зависящая от высоты источника,  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  – неизвестные параметры, определяемые по данным наблюдений.

**Замечание 1.** Для существенно неоднородной по дисперсному составу пыли основные её выпадения в ближней зоне от источника будут представлены крупными фракциями частиц со скоростями оседания в атмосфере, достигающих нескольких десятков см/с. В этом случае, используя кинематическую схему переноса частиц в атмосфере, выпадение пыли в ближней зоне можно описать более простой зависимостью

$$\bar{\sigma}(r, \varphi, \bar{s}) = s_1 r^{s_2} \exp\left(-\frac{s_3}{r}\right) P(\varphi + 180^\circ), \quad (2)$$

где неизвестные параметры  $s_1, s_2, s_3$  также оцениваются по данным наблюдений.

Параметр  $s_1$  линейно зависит от интенсивности источника, а параметры  $s_2, s_3$  – от характеристик дисперсного состава пыли.

Повторяемость направлений ветра  $P(\varphi)$  обычно задаётся в табличном виде по 8 или 16 румбам. Для её непрерывного описания удобно использовать между румбами следующую линейную интерполяцию по углу  $\varphi$ .

$$P_i(\varphi) = p_i + \frac{p_{i+1} - p_i}{\pi/N} \left( \varphi - \frac{\pi i}{N} \right), \quad (3)$$

$$\varphi \in \left[ \frac{\pi i}{N}, \frac{\pi(i+1)}{N} \right],$$

где  $p_i$  – повторяемость  $i$ -го направления ветра,  $i = 1, \dots, N$ .

**Замечание 2.** При отсутствии надёжной информации о розе ветров для данной точки местности или переменной интенсивности эмиссии источника пыли восстановление поля плотности осадка можно выполнить поэтапно. При фиксированном  $\varphi_0$ , т.е. на радиально расположенном маршруте пробоотбора, провести оценивание величин  $\bar{\theta}_1(\varphi_0) \equiv \theta_1 P(\varphi_0 + 180^\circ), \theta_2, \theta_3$ . Затем, учитывая, что параметры  $\theta_2, \theta_3$  практически от  $\varphi$  не зависят, провести оценивание величины  $\bar{\theta}_1(\varphi)$  для других углов  $\varphi$ .

**Метод оценивания суммарных выпадений пыли в окрестностях источника.** Одной из основных характеристик источника является выброс из него примеси за определённый промежуток времени. Если поле выпадений пыли количественно восстановлено по данным наблюдений, например, с использованием зависимости (1), то возникает возможность оценить суммарный выброс пыли на основе следующего соотношения

$$Q_{\text{сум}} = \iint_S \bar{\sigma}(\xi, \eta) d\xi d\eta, \quad (4)$$

где  $S$  – территория вокруг источника, на которую происходит выпадение пыли,  $\bar{\sigma}(\xi, \eta)$  – плотность выпадений пыли, представленная в декартовых координатах.

Если область  $S$  является кольцеобразной относительно источника, то с учётом (1) и замечания 2 соотношение (4) представляется в более удобном виде

$$Q_{\text{сум}} = \int_0^{2\pi} \bar{\theta}_1(\varphi) d\varphi \cdot \int_{R_1}^{R_2} G(r, \theta_2, \theta_3) r dr. \quad (5)$$

Соотношение (5) позволяет существенно упростить вычисление суммарных выпадений пыли в различных областях и оптимизировать количество точек отбора проб. Например, с учётом интерполяционной формулы (3) в случае 8-румбового задания частей света и без использования розы ветров, оценку величины  $Q_{\text{сум}}$  можно провести по 10 опорным точкам наблюдений.

**Исследование пылевого загрязнения снежного покрова от Искитимского цементного завода Новосибирской области.** Производство цемента сопровождается выбросами в атмосферу как твердых, так и газообразных загрязняющих веществ, имеющих значительный риск для здоровья населения [3]. В составе выбросов в основном присутствует неорганическая пыль, окислы азота, серы, углерода, бенз(а)пирен.

Город Искитим расположен в юго-восточной части Новосибирской области в 55 км от областного центра – города Новосибирска. Искитимский цементный завод находится в северной части города на одной промплощадке. С северной и восточной сторон промплощадка предприятия примыкает к р. Бердь. С южной и западной сторон от промплощадки расположен жилой сектор. Ближайшее расстояние до жилых кварталов составляет 30–50 м.

**Материалы и методы.** Объектами исследования служили выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников ОАО «Искитимцемент», снежный покров на территории г. Искитим и за его пределами. Материалами исследований являлись отчёты ОАО «Искитимцемент» о выбросах в атмосферу загрязняющих веществ стационарными источниками в период 2012 и 2013 г., результаты визуального обследования и физико-химического анализа состава проб снеговой воды. Маршруты отбора проб располагались по 8 румбам относительно основных источников выброса неорганической пыли – двух близко расположенных 80-метровых труб. Точки наблюдений находились в диапазоне расстояний от 0,4 до 3 км.

Отбор проб снега проводили с помощью пластмассовой трубы диаметром 10 см. В каждой точке отбора осуществлялась выемка от 2 до 10 кернов снега. Пробы снега таяли при комнатной температуре, талая вода фильтровалась через фильтр (синяя лента), измерялось значение  $pH$ . В пределах 1,5 км от основных источников величины  $pH$  варьировались от 9 до 12. Исследова-

ние химического состава снеговой воды и выделенного осадка проводили в аккредитованных лабораториях Новосибирского НИИ гигиены, Института неорганической химии СО РАН. Статистическая обработка и математическое моделирование выполнялись в Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН.

**Результаты и их обсуждение.** Отбор проб снега был проведён по 8 радиальным

маршрутам и более чем в 40 точках местности. Это позволило осуществить детальный численный анализ процессов выпадений пыли от основных источников предприятия, установить количественные закономерности содержания осадка в снеге на различных направлениях выноса. На рис. 1–3 представлены результаты численного восстановления по данным наблюдений поля плотности осадка неорганической пыли.

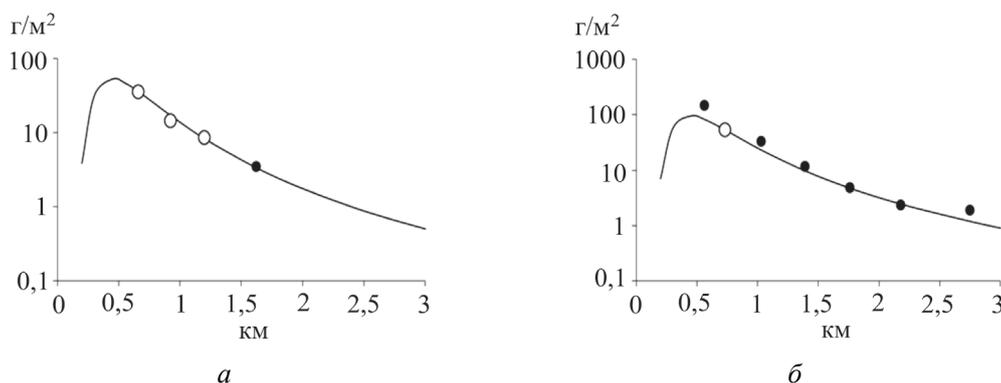


Рис. 1. Восстановленные на основе зависимости (1) выпадения неорганической пыли в северо-восточном (а) и северном (б) направлении от цементного завода; ○, ● – опорные и контрольные точки измерений

Из анализа рис. 1 вытекает, что согласие расчётов с данными наблюдений в контрольных точках вполне удовлетворительное. Максимум выпадений неорганической пыли находится примерно в 450 метрах от основных источников, что указывает на

достаточно разнородный дисперсный состав оседающих частиц. Вынос пыли в зимнее время в северо-западном направлении является преобладающим и обусловлен, по-видимому, орографическими особенностями местности.

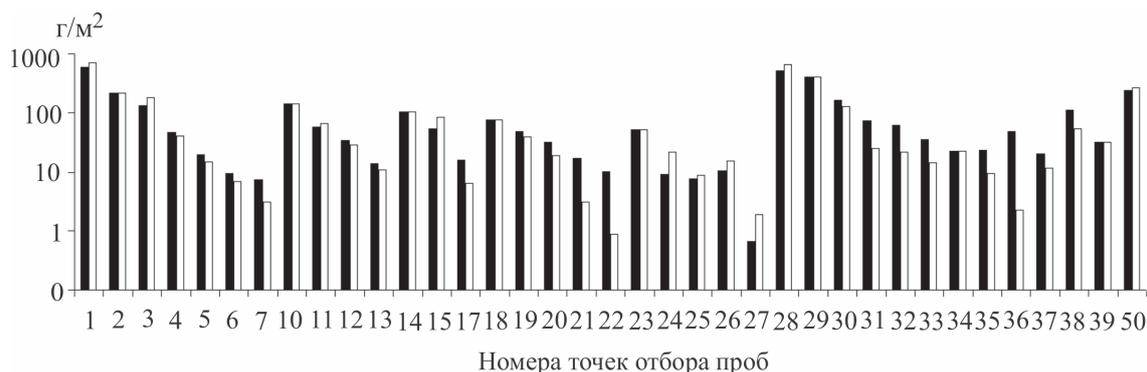


Рис. 2. Измеренные (■) и восстановленные (□) на основе зависимости (1) выпадения неорганической пыли ( $г/м^2$ ) в точках отбора проб снега

Полученные закономерности за рассматриваемый зимний период позволили определить величину суммарного выпадения неорганической пыли от выбросов в атмосферу на разном расстоянии от цементного

производства. Суммарное содержание неорганической пыли в снеге на территории в радиусе 1 км от основных источников выброса ОАО «Искитимцемент» составило 626 тонн, в радиусе 2 км – 875 тонн,

в радиусе 3 км – 942 тонны, в радиусе 4 км – 969 тонн. Полученные оценки суммарных выпадений существенно расходятся с данными инвентаризации валовых выбросов пыли цементным заводом, проведённой в 2012 г. Согласно этим данным, валовый выброс пыли должен был составить в зимнем сезоне 2012/2013 гг. порядка 100 тонн.

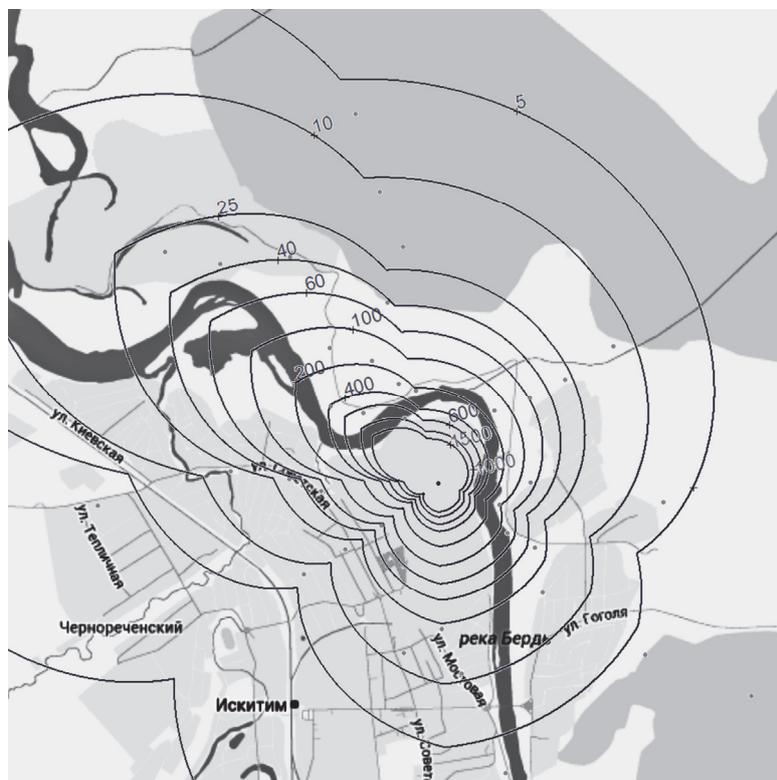


Рис. 3. Восстановленное поле плотности выпадений неорганической пыли ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) в окрестностях Искитимского цементного завода по данным маршрутных снегосъёмов в конце зимнего сезона 2012/2013 гг.

**Выводы.** Таким образом, полученное несоответствие расчетных данных инвентаризации с фактическими результатами натурных исследований свидетельствует о необходимости установления удельных значений выбросов неорганической пыли для каждого цементного производства.

### Список литературы

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
2. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
3. Методические подходы разработки управленческих решений по снижению риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды / В.В. Турбинский, А.С. Крига, Ю.В. Ерофеев, И.И. Новикова, В.Н. Михеев // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – № 7. – С. 18–21.
4. Рапута В.Ф., Коковкин В.В., Девятова А.Ю. Сравнительная оценка состояния длительного загрязнения атмосферы и снегового покрова г. Новосибирска на сети стационарных постов Гидрометеослужбы // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23, № 6. – С. 499–504.
5. Рапута В.Ф., Коковкин В.В., Морозов С.В. Экспериментальные исследования и численный анализ процессов загрязнения снегового покрова в окрестностях крупной автомагистрали г. Новосибирска // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 63–70.

## References

1. Berl'jand M.E. Sovremennye problemy atmosfernoj diffuzii i zagrjaznenija atmosfery [Modern problems of atmospheric diffusion and air pollution]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 448 p.
2. Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman Sh.D. Monitoring zagrjaznenija snezhnogo pokrova [Monitoring of snow cover pollution]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985. 182 p.
3. Turbinskij V.V., Kriga A.S., Erofeev Ju.V., Novikova I.I., Miheev V.N. Metodicheskie podhody razrabotki upravlencheskih reshenij po snizheniju riska zdorov'ju naselenija ot zagrjaznenija okružhajushhej sredy [Methodological approaches to the development of management decisions to reduce the risk to human health from environmental pollution]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitaniya*, 2010, no. 7, pp. 18–21.
4. Raputa V.F., Kokovkin V.V., Devjatova A.Ju. Sravnitel'naja ocenka sostojanija dlitel'nogo zagrjaznenija atmosfery i snegovogo pokrova g. Novosibirsk na seti stacionarnyh postov Gidrometeoslužby [Comparative assessment of long-term contamination of atmosphere and snow cover in Novosibirsk on the network of Hydrometeorological stationary posts]. *Optika atmosfery i okeana*, 2010, vol. 23, no. 6, pp. 499–504.
5. Raputa V.F., Kokovkin V.V., Morozov S.V. Jeksperimental'nye issledovanija i chislennyj analiz processov zagrjaznenija snegovogo pokrova v okrestnostjakh krupnoj avtomagistrali g. Novosibirsk [Experimental research and numerical analysis of processes of snow cover pollution in the vicinity of the major highway in Novosibirsk]. *Himija v interesah ustojchivogo razvitiya*, 2010, vol. 18, no. 1, pp. 63–70.

## ASSESSMENT OF AIR POLLUTION BY DUST ACCORDING TO DATA OBTAINED FROM SNOW SURVEY ON THE BASE OF FALL AREAS RECONSTRUCTION\*

**A.F. Sherbatov<sup>1</sup>, V.F. Raputa<sup>2</sup>, V.V. Turbinskij<sup>3</sup>, T.V. Yaroslavceva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Administration of the Federal Supervision Agency for Customer Protection and Human Welfare for Novosibirsk region, Russian Federation, Novosibirsk, Chelyuskintsev St., 7a, 630132

<sup>2</sup>Institute of Computing Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian department of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Novosibirsk, Academician Lavrentyev Av., 6, 630090

<sup>3</sup>Federal Budget Institution of Science “Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene” of the Federal Supervision Agency for Customer Protection and Human Welfare, Russian Federation, Novosibirsk, Krasny Av., 52, 630091

The article provides the results of field survey of snow pollution by non-organic dust near cement factory in the winter season 2012/13. On the basis of computational reconstruction of fall areas the existence of stable quantitative regularities of dust content in the snowpack in the radial direction relative to the main source has been shown. The total area of dust falling has been restored and the assessment of the dust emission into atmosphere in the observed winter season has been performed.

**Key words:** pollution, snowpack, cement dust, computational simulation, reconstruction.

---

© Sherbatov A.F., Raputa V.F., Turbinskij V.V., Yaroslavceva T.V., 2014

**Shcherbatov Aleksandr Fedorovich** – Head of Administration (e-mail: [upravlenie@54.rospotrebnadzor.ru](mailto:upravlenie@54.rospotrebnadzor.ru); tel.: 8 (383) 220-26-78).

**Raputa Vladimir Fedotovitch** – Doctor of physical and mathematical sciences, leading research associate of laboratory for mathematical modeling of processes in atmosphere and hydrosphere (e-mail: [raputa@sscc.ru](mailto:raputa@sscc.ru); tel.: 8 (383) 33-06-151).

**Turbinsky Viktor Vladislavovich** – MD, associate professor, director (e-mail: [rector@ngmu.ru](mailto:rector@ngmu.ru); tel.: 8 (383) 222-32-04).

**Yaroslavtseva Tatyana Vladimirovna** – Candidate of chemical sciences (e-mail: [ngi@cn.ru](mailto:ngi@cn.ru); tel.: 8 (383) 343-34-01).

УДК 616-008

### УСЛОВИЯ ТРУДА КАК ФАКТОРЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У МЕХАНИЗАТОРОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Т.А. Новикова, С.С. Райкин, Е.С. Буянов, А.В. Спирин, Р.Б. Рахимов**

ФБУН «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены» Роспотребнадзора,  
Россия, 410022, г. Саратов, ул. Заречная, 1А

Проведена комплексная физиолого-гигиеническая оценка условий труда механизаторов сельского хозяйства в динамике годового производственного цикла выращивания зерновых культур. Установлено, что механизаторы при выполнении основных видов работ подвержены комплексному воздействию вредных факторов производственной среды и трудового процесса, уровни которых соответствуют по степени отклонения от гигиенических нормативов вредным условиям труда 1–4-й степени (классы 3.1–3.4). Уровни артериального давления крови, показателей гемодинамики и функционального состояния (ИФИ) свидетельствуют о напряжении регуляторных систем и снижении адаптационных возможностей организма механизаторов, что может быть следствием воздействия неблагоприятных условий труда.

**Ключевые слова:** механизаторы сельского хозяйства, условия труда на тракторах и зерноуборочных комбайнах, функциональные нарушения, напряжение механизмов адаптации.

При работе на сельскохозяйственной технике трактористы-машинисты сельскохозяйственного производства (далее – механизаторы сельского хозяйства) подвергаются целому ряду профессиональных рисков для их здоровья. Это повышенные уровни шума и вибрации, производимые при работе техники, пыль (органическая и минеральная) и выхлопные газы, попадающие в зону дыхания, микроклиматический дискомфорт в кабинах, физические и эмоциональные нагрузки [1]. Воздействие вредных факторов условий труда может приводить к функциональным нарушениям в деятельности отдельных органов и систем

организма механизаторов, снижению адаптационных возможностей и развитию преморбидных и патологических изменений, способствующих появлению профессионально обусловленных и профессиональных заболеваний [3].

В этой связи выявление показателей факторов риска снижения функциональных резервов организма позволит разработать и принять своевременные меры по сохранению здоровья механизаторов – самой представительной профессиональной группы работников сельскохозяйственного производства.

**Цель исследований** – оценка условий труда и их влияния на функциональное со-

---

© Новикова Т.А., Райкин С.С., Буянов Е.С., Спирин А.В., Рахимов Р.Б., 2014.

**Новикова Тамара Анатольевна** – кандидат биологических наук, доцент, руководитель отдела медицины труда (e-mail: Novikova\_TA@niisgrosptrebnadzor.ru; тел./факс: 8(845-2) 92-34-94; тел.: 34-71-84).

**Райкин Сергей Сергеевич** – младший научный сотрудник (e-mail: Rser3001@yandex.ru; тел.: 8(845-2) 92-34-94).

**Буянов Евгений Сергеевич** – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории эргономики и физиологии труда в сельском хозяйстве (e-mail: iisg@rosptrebnadzor.ru; тел.: 8 (845-2) 92-30-48).

**Спирин Владимир Федорович** – доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: iisg@rosptrebnadzor.ru; тел.: (845-2) 92-78-90).

**Рахимов Рустем Бахрумович** – исполняющий обязанности младшего научного сотрудника отдела медицины труда (e-mail: iisg@rosptrebnadzor.ru; тел.: (845-2) 92-78-90).

стояние организма механизаторов сельского хозяйства.

**Материалы и методы.** Гигиенические исследования включали измерение и гигиеническую оценку параметров микроклимата, шума и вибрации, загрязненности воздуха рабочей зоны аэрозолями преимущественно фиброгенного действия (АПФД) и вредными химическими веществами, тяжесть и напряженность трудового процесса при эксплуатации тракторов и зерноуборочных комбайнов, наиболее широко представленных в настоящее время в машинотракторном парке сельскохозяйственных предприятий. Исследования условий труда проводились с использованием общепринятых в гигиене труда методов и оборудования при выполнении основных видов сезонных полевых работ в течение годового производственного цикла (боронование, культивация, посев зерновых, уборка зерновых) на базе хозяйств Саратовской области, специализирующихся на производстве зерна.

Физиологические исследования осуществлены в группе 96 мужчин-механизаторов сельского хозяйства в производственных условиях перед началом рабочей смены. Средний возраст обследованных составил  $42,5 \pm 11,5$  г., средний стаж работы в профессии –  $22,9 \pm 11,1$  г. Среди обследованных лица со стажем работы в профессии до 10 лет составили 15,6 %, от 11 до 20 лет – 30,2 %, от 21 до 30 лет – 31,3 % и более 30 лет стажа – 22,9 %.

Изучались антропометрические показатели – рост, масса тела, индекс массы тела (ИМТ). С помощью звукового способа по Короткову измерялись частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление крови (САД и ДАД соответственно). Для оценки АД использовалась классификация объединенного национального комитета европейского общества по гипертензии (JNC-7-2003), в которой значения 120–129/80–84 мм рт.ст. составляют оптимальное давление, 130–139/85–89 мм рт.ст. – высокое нормальное давление, более

139/89 – мм рт.ст. – артериальная гипертензия. Оценивались расчетные показатели гемодинамики – пульсовое давление (ПД), в норме составляющее 30–50 мм рт.ст., среднее динамическое давление (СДД), в норме колеблется от 75 до 85 мм рт.ст., минутный объем крови (МОК), соответствующий у здоровых людей в среднем 4–8 л/мин, общее периферическое сопротивление сосудов движению крови (ОПС), которое в норме может находиться в пределах от 1400 до 2500 дин. Рассчитывался коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы (КВ), увеличение которого свидетельствует об ослаблении, уменьшение – об усилении функции сердца (в норме КВ равен 12–16).

Для оценки состояния сердца была использована компьютерная система скрининга сердца «Кардиовизор – Обс», в основу работы которой положен метод дисперсионного картирования ЭКГ (ДК ЭКГ). В методе ДК ЭКГ стандартный ЭКГ-сигнал используется лишь в качестве источника низкоамплитудных микроколебаний поверхностных потенциалов. При этом результатом компьютерной обработки ЭКГ-сигнала является не совокупность общепринятых ЭКГ-признаков, а карта дисперсионных изменений миокарда. Индикатор «Миокард» компьютерной системы скрининга является относительной характеристикой, которая характеризует суммарную величину дисперсионных отклонений от нормы низкоамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала, изменяется в диапазоне от 0 до 100 % и выступает главным маркером клинической интерпретации скрининг-заключения. Чем выше значение индикатора, тем значимее отклонение от нормы.

В качестве показателя, интегрально отражающего функциональное состояние организма, использован адаптационный потенциал системы кровообращения (по Р.М. Баевскому, 2004), оцениваемый по индексу функциональных изменений (ИФИ), по которому определялась степень адаптированности, функциональные резервы организма. При оценке результатов уровень функцио-

нального состояния оценивался при значениях ИФИ до 2,59 как достаточные функциональные возможности, удовлетворительная адаптация, от 2,6 до 3,09 – состояние функционального напряжения, от 3,10 до 3,49 – снижение функциональных возможностей, неудовлетворительная адаптация, и при более 3,5 – резкое снижение функциональных возможностей, срыв адаптации [2].

Статистическая обработка результатов исследования проведена с помощью электронных таблиц Microsoft и программы Statistica 10. Были рассчитаны средняя арифметическая ( $M$ ) и стандартное отклонение ( $SD$ ). Достоверность различий уровней показателей в подгруппах определяли по  $U$ -критерию Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при уровне  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что в течение всего годового трудового цикла работ механизаторы сельского хозяйства подвержены комплексному воздействию вредных факторов производственной среды и трудового процесса. Степени отклонений их уровней от действующих гигиенических нормативов соответствовали вредным условиям труда 1–4-й

степеней (классы 3.1–3.4) в зависимости от вида выполняемых работ и эксплуатируемой техники (табл. 1).

В кабинах тракторов и зерноуборочных комбайнов старых образцов отечественного производства, не оборудованных кондиционерами или оборудованных малоэффективными вентиляционными установками, составляющих в настоящее время основную часть (до 80 %) машинотракторного парка сельскохозяйственного производства, формировался дискомфортный нагревающий микроклимат с превышением допустимых значений по температуре от 1 до 5,5 °С, что соответствовало вредным условиям труда 1–4-й степени (классы 3.1–3.4). Уровень тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) достигал 28,9–30,0 °С, что оценено как вредные условия труда 4-й степени (класс 3.4). В то же время при исправных и работающих кондиционерах в кабинах тракторов и комбайнов нового образца РСМ 101 «Вектор» и РСМ 142 «Акрос», тракторов импортного производства, например, Class «Aksion», температура воздуха не превышала санитарных норм (класс 2).

Таблица 1

Гигиеническая оценка условий труда механизаторов сельского хозяйства  
в различные периоды производственного цикла

Вид работ в годовом производствен- ном цикле	Оценка факторов рабочей среды (класс, степень вредности)					Факторы трудового процесса		
	Вредные веще- ства	Микроклимат	АПФД	Шум	Вибрация		тяжесть	напряженность
					общая	локальная		
Предпосевная обработка почвы	<u>2</u>	<u>3.1</u>	<u>3.1–3.2</u>	<u>3.2–3.3</u>	<u>3.2</u>	<u>3.2</u>	<u>3.2</u>	<u>3.2</u>
	2	2	2–3.1	3–1–3.2	2	2	3.1	3.2
Сев зерновых	<u>2</u>	<u>3.1–3.2</u>	<u>3.2–3.4</u>	<u>3.2–3.2</u>	<u>3.1</u>	<u>3.2</u>	<u>3.2</u>	<u>3.2</u>
	2	2–3.1	2–3.1	3.1	2	2	3.1	3.2
Пахотные рабо- ты (летние)	<u>2</u>	<u>3.1–3.4</u>	<u>3.1–3.2</u>	<u>3.2</u>	<u>3.1</u>	<u>3.1</u>	<u>3.2</u>	<u>3.2</u>
	2	2–3.1	2–3.1	3.1–3.2	2	2	<u>3.1</u>	3.2
Уборка зерновых	<u>2</u>	<u>3.1–3.4</u>	<u>3.1–3.3</u>	<u>3.1–3.2</u>	<u>3.1</u>	<u>3.1</u>	<u>3.2</u>	<u>3.2</u>
	2	2–3.1	2–3.1	2–3.1	2	2	3.1	3.2

Примечание: \* – в числителе – в технике старых образцов, в знаменателе – в новой и импортной.

Загрязнение воздушной среды вредными веществами было представлено преимущественно компонентами выхлопа дизельных двигателей внутреннего сгорания, представляющими собой сложную смесь газов (оксид углерода, оксиды азота, альдегиды, диоксид серы), которые постоянно присутствовали в зоне дыхания в концентрациях, в среднем не превышающих предельно допустимые.

Неблагоприятными факторами условий труда механизаторов на тракторах и зерноуборочных комбайнах остаются шум и вибрация. По своему характеру шум широкополосный с превышением ПДУ как на низких, так и на высоких частотах до 14,8 дБА. Эквивалентные уровни шума превысили ПДУ на 1–17 дБА на всех моделях и марках обследованных тракторов при выполнении всех видов полевых работ. Повышенные уровни общей вибрации на рабочих местах механизаторов выявлены на

тракторах старых моделей (ДТ-75, Т-4А) на частотах 2–4 Гц, где превышения ПДУ составили в среднем 1–7 дБ. Условия труда механизаторов по виброакустическому фактору оценены как вредные 1–3-й степени (классы 3.1–3.3).

Тяжесть труда на мобильной сельскохозяйственной технике формируется за счет динамических и статических физических нагрузок, неудобной рабочей позы. Напряженность трудового процесса обусловлена нервно-эмоциональным напряжением за счет повышенной ответственности за конечный результат, сжатых сроков полевых работ, нерациональной организацией труда. Согласно гигиеническим критериям по Р 2.2.2006–05, они оценены как вредные 1-й и 2-й степени (классы 3.1–3.2).

Результаты исследования, позволяющие оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы механизаторов, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы механизаторов сельского хозяйства ( $M \pm SD$ )

Показатель	Вся группа	Со стажем работы в профессии, лет			
		3–10	11–20	21–30	более 30
САД (мм рт. ст.)	143,0± 18,2↑	144,1± 13,6*↑	132,9± 8,9	139,5± 13,5	151,4± 22,5*↑
ДАД (мм рт. ст.)	86,0± 13,3	87,8± 15,5*	79,3± 8,0	86,4± 11,1*	87,8± 7,6*
ЧСС (уд. в мин)	75,9± 11,9	76,2± 11,8	73,3± 11,4	72,8± 10,1	74,9± 13,0
КВ (усл. Ед.)	13,879± 3,6	14,067± 2,9	13,708± 2,7	14,142± 3,2	12,886± 5,2
ПД (мм рт. ст.)	56,9± 12,7↑	56,4± 12,0↑	53,6± 8,7↑	53,0± 8,8↑	63,6± 20,7↑
СДД (мм рт. ст.)	105,0± 13,8↑	106,6± 13,8*↑	97,1± 7,2↑	104,1± 11,2*↑	109,0± 10,6*↑
МОК (мл/мин)	3505,3± 1070,1↓	4043,4± 1197,3	3789,6± 912,3↓	3137,1± 829,3↓	3000,4± 856,8*↓
ОПС (дин)	2698,2± 1195,6↑	2267,5± 706,4	2160,5± 613,0	2907,7± 1101,5*↑	3077,3± 721,8*↑

Примечание: \* – различия достоверны по сравнению с группой 2; ↑ – ↓ значения показателей выше и ниже нормы.

Из представленных данных следует, что среднegrupповые значения САД у обследованных превышали границы нормы, что может расцениваться как неблагопри-

ятный симптом, свидетельствующий о нарушении компенсаторно-приспособительных возможностей сердечно-сосудистой системы и риске развития у них гипертен-

зии [2]. Наибольшее отклонение исследуемых показателей от физиологических норм, свидетельствующее об артериальной гипертензии, выявлено в группе 3 со стажем работы более 30 лет, что может быть следствием длительного воздействия неблагоприятных условий труда.

СДД является показателем согласованности регуляции сердечного выброса и периферического сопротивления. Средний уровень СДД в обследованной группе составил  $105 \pm 13,8$  мм рт. ст. При этом наиболее близкий к физиологической норме уровень СДД зафиксирован в группе со стажем работы 11–20 лет. В группах со стажем 20–30 и более 30 лет значения показателя СДД были достоверно выше. Сниженные показатели МОК у обследованных, кроме группы 1 со стажем работы от 3 до 10 лет, свидетельствуют о снижении сократительной функции миокарда. Средний уровень общего периферического сопротивления сосудов в обследованной группе составил  $2698,2 \pm 1195,6$  дин. С увеличением стажа работ его уровень изменялся и наибольший установлен в группе со стажем более 30 лет ( $3077,3 \pm 721,8$ ).

Выявленные изменения показателей гемодинамики у обследованных механизаторов свидетельствуют о рассогласовании

механизмов регуляции кровообращения, которое может расцениваться как проявление предпатологических изменений.

При оценке интегрального показателя микроальтернаций «Миокард» его нулевое значение расценивалось, согласно методике интерпретации данных скрининга сердца, как полное отсутствие каких-либо значимых отклонений от модели идеального сердца, значение менее 15 % свидетельствовало о том, что существенных отклонений не выявлено, от 15 до 19 % – о пограничном состоянии, 20 % и более – что вероятно патология. Показатель «Миокард», равный 100 %, соответствовал патологическому комплексу, связанному с выраженными отклонениями от нормы практически во всех камерах сердца. У обследованных механизаторов среднегрупповые значения данного показателя не превысили 15 %, то есть значимых изменений миокарда не обнаружено. Однако следует отметить, что во всех исследуемых подгруппах имелись лица с пограничными состояниями.

Результаты исследования ИФИ, который отражает потенциальную способность организма адаптироваться к нагрузкам, в том числе к производственной деятельности, представлены в табл. 3.

Таблица 3

## Адаптационные резервы организма механизаторов

Показатель	Вся группа	Со стажем работы в профессии, лет			
		3–10	11–20	21–30	более 30
	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>	<i>M±SD</i>
ИФИ	$2,786 \pm 0,82$	$2,892 \pm 0,80$	$2,553 \pm 0,66$	<b><math>2,931 \pm 0,78^*</math></b>	<b><math>3,144 \pm 1,11^*</math></b>

Примечание: \* – отмеченные уровни статистически значимо различаются с уровнями группы 2.

Как следует из представленных данных, среднегрупповое значение индекса функциональных изменений (ИФИ) у обследованных механизаторов составляло  $2,786 \pm 0,82$ , что соответствовало состоянию функционального напряжения. С увеличением стажа его значения изменялись, достигая в группе со стажем работы более 30 лет  $3,144 \pm 1,11$ , что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей у лиц

этой группы и неудовлетворительной адаптации к действующей на организм нагрузке. При этом выявлены статистически значимые различия между уровнями ИФИ в 3-й и 4-й группах, по сравнению с таковыми во 2-й группе ( $p = 0,004182$  и  $p = 0,000658$  соответственно).

**Выводы:**

1. Механизаторы в течение всего годового производственного цикла работ под-

вержены комплексному воздействию вредных факторов производственной среды и трудового процесса: дискомфортный нагревающий микроклимат, загрязнение воздуха рабочей зоны химическими веществами, шум, вибрация, динамические и статические физические нагрузки, неудобная рабочая поза.

2. Уровни факторов риска соответствуют по степени отклонения от гигиениче-

ских нормативов вредным условиям труда 1–4-й степени (классы 3.1–3.4).

3. Уровни артериального давления крови, показателей гемодинамики и функционального состояния (ИФИ) свидетельствуют о напряжении регуляторных систем и снижении адаптационных возможностей организма механизаторов, что может быть следствием воздействия неблагоприятных условий труда.

### Список литературы

1. Новикова Т.А. Гигиеническая оценка и управление профессиональным риском для здоровья механизаторов сельского хозяйства // *Здравоохранение Российской Федерации*. – 2011. – № 11. – С. 72–73.
2. Оценка адаптационных возможностей организма и задачи повышения эффективности здравоохранения / В.М. Баранов, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, В.М. Михайлов // *Экология человека*. – 2004. – № 6. – С. 25–29.
3. Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства саратовской области / Л.А. Варшамов, Г.А. Безрукова, В.Ф. Спирин, Т.А. Новикова // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2011. – № 12. – С. 10–13.

### References

1. Novikova T.A. Gigienicheskaja ocenka i upravlenie professional'nym riskom dlja zdorov'ja mehanizatorov sel'skogo hozjajstva [Hygienic evaluation and control of occupational health hazards in farm machinery operators]. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*, 2011, no. 11, pp. 72–73.
2. Baranov V.M., Baevskij R.M., Berseneva A.P., Mihajlov V.M. Ocenka adaptacionnyh vozmozhnostej organizma i zadachi povyshenija jeffektivnosti zdavoohranenija [Evaluation of adaptive abilities of the body and tasks of improving healthcare efficiency]. *Jekologija cheloveka*, 2004, no. 6, pp. 25–29.
3. Varshamov L.A., Bezrukova G.A., Spirin V.F., Novikova T.A. Professional'naja zaboлеваemost' rabotnikov sel'skogo hozjajstva saratovskoj oblasti [Occupational disease of agricultural workers of the Saratov region]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2011, no. 12, pp. 10–13.

## WORKING CONDITIONS AS OCCUPATIONAL RISK FACTORS FOR FUNCTIONAL DISORDERS IN AGRICULTURE MACHINE OPERATORS

**T.A. Novikova, S.S. Raykin, E.S. Buyanov, A.V. Spirin, R.B. Rakhimov**

Federal Budget Institution of Science "Saratov Scientific Research Institute of Agricultural Hygiene" of Rospotrebnadzor, Russian Federation, Saratov region, Saratov, Zarechnaya St., 1a, 410022

The complex physiological-hygienic evaluation of the working conditions of agricultural machine operators in the dynamics of the annual production cycle of growing crops is carried out. It is set that the machine operators performing basic types of work are subject to the combined effect of harmful factors of environment and labour process, the levels of which correspond by the degree of deviation from the hygienic standards to harmful labor conditions of 1–4 degrees (classes 3.1–3.4). Levels of blood pressure, hemodynamic and functional status (IFS) show tension of regulator systems and reducing of the body's adaptive capabilities of the machine operators that can be caused by exposure to adverse working conditions.

**Key words:** agriculture machine operators, working conditions on the tractors and combine harvesters, functional disorders, tension of adaptation mechanisms.

---

© Novikova T.A., Raykin S.S., Buyanov E.S., Spirin A.V., Rakhimov R.B., 2014

**Novikova Tamara Anatolievna** – Candidate of biological sciences, associate professor, head of occupational medicine department (e-mail: Novikova\_TA@niisgrosptrebnadzor.ru; tel./fax: 8(845-2) 92-34-94, тел.: 34-71-84).

**Raykin Sergey Sergeevich** – Junior research assistant (e-mail: Rser3001@yandex.ru; tel.: 8(845-2) 92-34-94).

**Buyanov Evgeny Sergeevich** – Candidate of medical sciences, head of laboratory for ergonomics and occupational physiology in agriculture (e-mail: iisg@rospotrebnadzor.ru; tel.: 8 (845-2) 92-30-48).

**Spirin Vladimir Fedorovich** – MD, professor, Director (e-mail: iisg@rospotrebnadzor.ru; tel.: (845-2) 92-78-90).

**Rakhimov Rustem Bakhrumovich** – Acting junior research assistant of occupational medicine department (e-mail: iisg@rospotrebnadzor.ru; tel.: (845-2) 92-78-90).

УДК 614.31:641.3 (470.325)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХИМИЧЕСКОЙ КОНТАМИНАЦИЕЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

**В.В. Феттер, А.Д. Поляков**

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Белгородской области, Россия, 308023, г. Белгород, ул. Железнякова, 2  
ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Представлены результаты сравнительного анализа и оценки риска для здоровья населения, обусловленного потреблением химически контаминированных продуктов питания различного происхождения. Установлено значение местных и ввозимых в Белгородскую область пищевых продуктов в формировании экспозиции населения приоритетными химическими контаминантами. Дана комплексная сравнительная оценка вклада химических контаминантов и отдельных групп продуктов в формирование показателей индивидуального и популяционного канцерогенного и неканцерогенного риска при потреблении пищевых продуктов различного происхождения. Проведена оценка уровней атрибутивного канцерогенного и неканцерогенного риска, обусловленного потреблением ввозимых пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** происхождение пищевых продуктов, химические контаминанты пищевых продуктов, долевого вклад в риск здоровью населения, сравнительная оценка риска, атрибутивный риск.

Политика, стратегия и определение приоритетов действий, направленных на максимальное, экономически оправданное снижение негативного воздействия на здоровье населения, в большинстве стран мира и международных организаций строится на основе концепции оценки риска. Понятие оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов стало неотъемлемой частью законодательства в сфере обеспечения безопасности продукции и защиты здоровья населения государств – членов Таможенного союза и остального мирового сообщества [5, 6].

По оценкам ВОЗ, глобализация торговли на современном этапе привела не только к большей доступности и разнообразию пищевых продуктов во всем мире, но и повысила вероятность того, что продукты, произведенные в одном месте, могут оказывать воздействие на здоровье и рацион питания людей, живущих в другом месте [14].

По данным А.М. Васильевского [1], гигиенические проблемы обеспечения населения пищевыми продуктами, их безопасности для здоровья и влияния на заболеваемость населения отмечались в Словакии (D. Pavlovicova et al., 2008), Польше (A. Nowacka et al., 2009), Новой Зеландии (P. Gressey et al., 2009), Китае (L. Calvin et al., 2006), США (J. Ender et al., 2008), Швеции (M. Cantley, 2008), Франции (A. Tard et al., 2007), ЮАР (G.S. Shephard, 2008), Канаде (S.A. Tittlemier et al., 2007), Нидерландах (W.R. Leeman et al., 2007), Нигерии (M.N. Anokwulu, 2007), Испании (D. Gonzalez-Weller et al., 2006), Великобритании (R.J. McCracken et al., 2007), Италии (G.C. Cortellezzi et al., 2005).

Многочисленные исследования, проведенные в последние годы, показывают, что приоритетными контаминантами, формирующими высокий риск возникновения злокачественных новообразований и разви-

© Феттер В.В., Поляков А.Д., 2014

**Феттер Владимир Вильмарович** – кандидат медицинских наук, заместитель руководителя, доцент кафедры медико-профилактических дисциплин (e-mail: Fetter\_VV@31.gospotrebnadzor.ru; тел.: 8(4722) 34-30-27).

**Поляков Андрей Дмитриевич** – кандидат медицинских наук, руководитель, старший преподаватель кафедры медико-профилактических дисциплин (e-mail: postosc@mail.ru; тел.: 8 (4722) 34-03-16).

тия неканцерогенных эффектов у населения в регионах Российской Федерации, являются кадмий, мышьяк и свинец, загрязняющие молочные, мясные, рыбные и хлебобулочные продукты, а также нитраты, ГХЦГ и ДДТ, содержащиеся в плодоовощной продукции [1–3, 4, 7–13, 17, 19–22].

Приведенное выше подтверждает значимость сведений о происхождении химически загрязненного продовольственного сырья (ПС) и пищевых продуктов (ПП) при обосновании решений по управлению риском, обусловленным потреблением указанных продуктов питания.

Отправной точкой для проведения настоящего исследования послужили материалы работ<sup>1</sup> по выявлению приоритетных химических загрязнителей ПС и ПП, определению групп пищевых продуктов, формирующих риск для здоровья населения, детерминированный потреблением ПП, загрязненных кадмием (Cd), мышьяком (As), ртутью (Hg), свинцом (Pb), нитратами, ГХЦГ и ДДТ.

**Цель работы** – оценка роли ПС и ПП различного происхождения в формировании риска для здоровья населения, обусловленного потреблением химически загрязненных продуктов питания. Задачи по достижению поставленной цели: определение экспозиции и оценка риска воздействия химических загрязнителей ПП с учетом их происхождения; выявление критических территорий происхождения

ПП по уровню химической контаминации; разработка предложений по совершенствованию контроля экспозиций и риска воздействия химических загрязнителей ПС и ПП на население.

**Материалы и методы.** Исследование строилось на основе изучения и анализа данных лабораторных исследований ПС и ПП за 2011 г.<sup>2</sup>, включенных в Белгородский РИФ СГМ<sup>3</sup>. Исследованные ПС и ПП были произведены в Белгородской области (БО), в 18 субъектах Российской Федерации (СРФ<sup>4</sup>), в 2 странах Содружества Независимых Государств (СНГ<sup>5</sup>) и в 13 странах дальнего зарубежья (СДЗ<sup>6</sup>).

Для оценки результатов отобраны 5865 проб ПС и ПП, исследованных на содержание кадмия, мышьяка, ртути, свинца, нитратов, ГХЦГ и ДДТ, признанных приоритетными загрязнителями пищевых продуктов в БО по материалам ранее проведенных исследований [20, 21].

Обработка исходных данных<sup>7</sup>, определение содержания загрязнителей, расчет экспозиции, интерпретация полученных результатов проводились в соответствии с рекомендациями Роспотребнадзора<sup>8</sup>.

Для расчетов экспозиции и оценки риска неканцерогенных и канцерогенных эффектов, обусловленных химической контаминацией ПП, использовались средние значения и 90-й перцентиль верхней границы распределения центильной тенденции.

<sup>1</sup> Феттер В.В., Бердинских Н.Н., Завьялова Н.А. Оценка состояния химической контаминации пищевых продуктов // Санитарный врач. – 2011. – № 9. – С. 20–23; Феттер В.В. Оценка риска для здоровья населения химической контаминации продуктов питания и продовольственного сырья // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 4. – С. 54–63.

<sup>2</sup> Исследования пищевых продуктов выполнены лабораториями Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Белгородской области», аккредитованными в установленном порядке.

<sup>3</sup> РИФ СГМ – Региональный информационный фонд социально-гигиенического мониторинга.

<sup>4</sup> Брянская область; Волгоградская область; Воронежская область; Калининградская область; Краснодарский край; Курганская область; Курская область; город Москва; Московская область; Мурманская область; Орловская область; Приморский край; Ростовская область; город Санкт-Петербург; Саратовская область; Ставропольский край; Тульская область; Челябинская область, с территорий которых в 2011 г. в БО поставлялись пищевые продукты.

<sup>5</sup> Белоруссия, Казахстан, Украина, с территорий которых в 2011 г. в БО поставлялись ПП.

<sup>6</sup> Аргентина; Виргинские острова; Вьетнам; Египет; Израиль; Индия; Ирландия; Испания; Китай; Нидерланды; США; Турция; Франция, с территорий которых в 2011 г. в БО поставлялись пищевые продукты.

<sup>7</sup> Работа с базой данных «Контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов химическими веществами» РИФ СГМ, включая статистическую обработку материалов, проводилась специалистами отдела СГМ Управления Роспотребнадзора по Белгородской области под руководством автора.

<sup>8</sup> Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»; МУ 2.3.7.2519-09 «Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических загрязнителей пищевых продуктов на население».

Показатели риска здоровью населения рассчитывались для двух субпопуляций – дети (0–6 лет) и взрослые (18 лет и старше), с учетом данных о среднедушевом потреблении пищевых продуктов<sup>1</sup>.

Критериями оценки риска для здоровья населения кадмия, мышьяка, ртути, свинца, нитратов, ГХЦГ и ДДТ приняты официально рекомендованные данные о референтных (безопасных) концентрациях при хронических воздействиях, поражаемых критических органах и системах организма человека, среднесуточных предельно допустимых концентрациях, установленных по прямым токсическим эффектам на здоровье и др. [15, 16, 18].

**Результаты и их обсуждение.** Распространенность контаминации ПС и ПП, исследованных в БО в 2011 г. по программе

СГМ и включенных в настоящее исследование, в среднем составила: по содержанию нитратов – 99,2 %; свинца – 84,2 %; кадмия – 83,3 %; мышьяка – 24,5 %; ртути – 13,9 % от числа проб, исследованных по каждому контаминанту<sup>2</sup>.

По данным проведенных исследований (табл. 1), к числу групп ПП с наибольшим вкладом в экспозицию населения свинцом отнесены картофель (33,43 %), хлебные продукты (32,67 %) и рыбопродукты (19,45 %). Основной вклад в экспозицию кадмием при потреблении населением местной продукции (БО) обусловлен картофелем (45,24 %) и хлебными продуктами (32,71 %), а при потреблении продукции, привезенной из СРФ, – картофелем (39,65 %) и рыбопродуктами (37,60 %).

Таблица 1

Сравнительные данные вклада в экспозицию свинцом и кадмием местных (БО) и ввозимых (СРФ) пищевых продуктов в 2011 г.

Наименование групп пищевых продуктов	Вклад продуктов в экспозицию свинцом, %			Вклад продуктов в экспозицию кадмием, %		
	БО	СРФ	Среднее значение	БО	СРФ	Среднее значение
Хлебные продукты	33,49	31,86	32,67	32,71	8,54	20,62
Картофель	38,96	27,89	33,43	45,24	39,65	42,44
Рыбопродукты	17,27	21,64	19,45	4,67	37,60	21,14

Наибольшее значение в формирование экспозиции населения ртутью, обусловленной потреблением ПП, вносят рыбопродукты и орехи, величина вклада которых при потреблении местных продуктов (БО) составила 73,42 и 21,98 % соответственно, а при потреблении продуктов, произведенных в СРФ, – 24,25 и 64,49 %.

Экспозиция населения мышьяком формировалась целиком за счет потребления ПП, произведенных в БО<sup>3</sup>, при этом наибольший вклад внесли овощные продукты (36,55), мясопродукты (26,37) и хлебные продукты (22,93).

К числу ПП, произведенных в БО, с наибольшим вкладом в нитратную контаминацию, отнесены свекла – 30,15 %, капуста белокочанная ранняя – 21,72 % и картофель – 16,78 %. При употреблении населением привозных продуктов (табл. 2) наибольший вклад в экспозицию нитратами вносят картофель и капуста белокочанная ранняя (СФР – 33,60 и 33,02 %; по ССНГ – 75,52 и 19,56 %; по СДЗ – 50,20 и 13,95 % соответственно). При этом вклад в экспозицию нитратами картофеля, поступившего из СРФ, СДЗ и ССНГ, в 2,00; 2,99 и 4,50 раза выше, чем картофеля, выращенного на территории БО.

<sup>1</sup> Для исследования использовались данные о среднедушевом потреблении продуктов питания, предоставленные Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области (Белгородстат).

<sup>2</sup> Число проб, исследованных на содержание нитратов – 1116; свинца – 1271; кадмия – 1268; мышьяка – 1091; ртути – 1119. ГХЦГ и ДДТ в исследуемых пробах ПС и ПП не обнаружены.

<sup>3</sup> Хлебные продукты; масло растительное и другие жиры; молоко и молочные продукты; мясо и мясные продукты; овощные продукты; сахар и кондитерские продукты.

Сравнительные данные вклада в экспозицию нитратами местных (БО) и ввозимых пищевых продуктов (СРФ, ССНГ, СДЗ) в 2011 г.

Наименование групп продуктов	Вклад продуктов в экспозицию нитратами, %			
	БО	СРФ	ССНГ	СДЗ
Капуста белокочанная, ранняя	21,72	33,02	19,56	13,95
Картофель	16,78	33,60	75,52	50,20

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных контаминантов, поступающих с ПП в условиях длительного воздействия, проводилась на основе расчета коэффициентов опасности ( $HQ$ )<sup>1</sup>.

Величина  $HQ_{Cd}$ ,  $HQ_{Pb}$  и  $HQ_{Hg}$  исследованных групп ПП всех источников происхождения (БО, СРФ, СДЗ) и  $HQ_{нитр}$  ПП, произведенных в БО, рассчитанных по уровню экспозиции взрослого населения, находится в интервале от 0,003 до 0,75 (не превышает 1,0), что свидетельствует о допустимом уровне неканцерогенного риска.

Уровень неканцерогенного риска, рассчитанный по экспозиции детского населения, также не превысил 1,0 и составил:  $HQ_{Cd}$  ПП, поступивших из СРФ, – от 0,31 до 0,83;  $HQ_{Pb}$  ПП, поступивших в СДЗ, – от 0,09 до 0,56;  $HQ_{Hg}$  ПП, поступивших из СРФ и СДЗ, – от 0,06 до 0,85.

Превышение уровней допустимого неканцерогенного риска для детского населения установлено по отдельным группам продуктов, произведенных: в БО ( $HQ_{Cd}$  – от 0,03 до 1,49;  $HQ_{Pb}$  – от 0,001 до 1,48;  $HQ_{Hg}$  – от 0,04 до 1,16;  $HQ_{нитр}$  – от 0,20 до 8,80); в СРФ ( $HQ_{Pb}$  – от 0,06 до 1,83;  $HQ_{нитр}$  – от 0,32 до 3,52); в СДЗ ( $HQ_{Cd}$  – от 0,14 до 1,03;  $HQ_{нитр}$  – от 0,20 до 2,02).

Максимальные уровни вероятности развития неканцерогенных эффектов, свя-

занных с употреблением химически контаминированных ПП, установлены для детей (0–6 лет):

– по ПП, произведенным в БО, – хлебопродукты ( $HQ_{Cd} = 1,49$ ;  $HQ_{Pb} = 1,48$ ), рыбопродукты ( $HQ_{Hg} = 1,16$ ), картофель ( $HQ_{нитр} = 1,77$ ), овощи ( $HQ_{нитр} = 8,80$ );

– по ПП, произведенным в СРФ, – хлебопродукты ( $HQ_{Pb} = 1,83$ )<sup>2</sup>, картофель ( $HQ_{нитр} = 1,69$ )<sup>3</sup>, овощи ( $HQ_{нитр} = 3,52$ )<sup>4</sup>;

– по ПП, произведенным в СДЗ, – рыбопродукты ( $HQ_{Cd} = 1,03$ )<sup>5</sup>, картофель ( $HQ_{нитр} = 2,02$ )<sup>6</sup>, овощи ( $HQ_{нитр} = 1,71$ )<sup>7</sup>.

Неканцерогенный риск, обусловленный содержанием мышьяка в ПП, произведенных в БО, рассчитанный по экспозиции взрослого населения, не превышал 1,0, при этом величина  $HQ_{As}$  находилась в пределах от 0,001 до 0,42. Превышение допустимого уровня  $HQ_{As}$  установлено для детского населения по содержанию мышьяка в овощных продуктах ( $HQ_{As} = 1,30$ ), рассчитанному по средней центильной тенденции, а также по содержанию мышьяка в сахаре и кондитерских изделиях ( $HQ_{As} = 1,0$ ), в хлебных изделиях ( $HQ_{As} = 1,43$ ), в мясопродуктах ( $HQ_{As} = 1,45$ ) и в овощных продуктах ( $HQ_{As} = 1,95$ ).

Риск развития неканцерогенных эффектов для условий одновременного поступления и длительного воздействия кадмия, ртути, свинца и нитратов, поступаю-

<sup>1</sup> Расчет  $HQ$  производился по отдельным ПП и группам изучаемых ПП по: кадмию ( $HQ_{Cd}$ ), ртути ( $HQ_{Hg}$ ), свинцу ( $HQ_{Pb}$ ) и нитратам ( $HQ_{нитр}$ ) с учетом территорий происхождения ПС и ПП.

<sup>2</sup> Происхождение хлебопродуктов: Волгоградская область, Воронежская область, Краснодарский край, Курганская область, г. Москва, Орловская область, Ростовская область, г. Санкт-Петербург, Саратовская область, Ставропольский край, Челябинская область.

<sup>3</sup> Происхождение картофеля: Брянская область.

<sup>4</sup> Происхождение овощей: Ростовская область.

<sup>5</sup> Происхождение рыбопродуктов: Вьетнам.

<sup>6</sup> Происхождение картофеля: Израиль, Индия, Нидерланды, Турция.

<sup>7</sup> Происхождение овощей: Виргинские острова, Египет, Израиль, Индия, Испания, Нидерланды, Турция.

щих за счет всех потребляемых ПП, оценивался на основе расчета индекса опасности ( $HI$ ) для каждого контаминанта<sup>1</sup> и суммарного индекса опасности ( $\Sigma HI$ )<sup>2</sup>.

Наибольший вклад в суммарный индекс опасности ( $\Sigma HI$ ), обусловленный контаминацией всех исследованных в 2011 г. пищевых продуктов (табл. 3), вносят нитраты – 32,74 % и свинец – 30,98 %, вклад

ртути, кадмия и мышьяка составил от 10,17 до 14,82 %.

Потребление ПП, произведенных СРФ и СДЗ, увеличивает риск возникновения неканцерогенных эффектов среди населения БО в 1,75 раза. Атрибутивный неканцерогенный риск<sup>3</sup>, обусловленный содержанием в ПП, произведенных в СРФ и СДЗ, приоритетных контаминантов составил от 46,12 до 61,03 %.

Таблица 3

Сравнительные данные величин неканцерогенного риска ( $HI$ ) обусловленного приоритетными химическими контаминантами пищевых продуктов в 2011 г.

Контаминанты ПС и ПП	Индекс опасности ( $HI$ )			Вклад контаминантов в $\Sigma HI$ (%)	$AR$ (%)
	$HI_{BO}$	$HI_{\Sigma(CPФ:СДЗ)}$	$\Sigma HI$		
Кадмий	3,25	5,09	8,34	11,29	61,03
Ртуть	3,66	3,85	7,51	10,17	51,26
Свинец	11,29	11,60	22,89	30,98	50,67
Мышьяк	10,95	–	10,95	14,82	–
Нитраты	13,03	11,16	24,19	32,74	46,12
Всего	42,18	31,69	73,87	100,00	

Примечание:  $HI_{BO}$  – индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в БО;  $HI_{\Sigma(CPФ:СДЗ)}$  – индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СДЗ;  $\Sigma HI$  – суммарный индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в БО, СРФ и СДЗ;  $AR$  – атрибутивный неканцерогенный риск, обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СДЗ.

Изучение роли отдельных групп химически контаминированных ПП в формировании неканцерогенного риска (табл. 4) свидетельствует о наибольшем вкладе овощной продукции – 40,55 %, при этом суммарный вклад хлебопродуктов, рыбопродуктов и картофеля составил 50,72 %, а масложировой, фруктово-ягодной продукции, сахара и кондитерских изделий – 8,76 %.

Из общего числа исследованных ПП, произведенных в СРФ и СДЗ, наибольший вклад в формирование неканцерогенных эффектов среди населения БО вносят:

фруктово-ягодная продукция, картофель, рыбные и масложировые продукты, величина атрибутивного неканцерогенного риска которых составила 70,94; 62,78; 58,61 и 53,12 % соответственно.

В соответствии с литературными данными [16, 18], использованными при построении табл. 5, наиболее интенсивному воздействию по числу изучаемых контаминантов ПП подвергаются: эндокринная (кадмий, ртуть, свинец, мышьяк); центральная нервная и кроветворная (ртуть, свинец, мышьяк) системы.

<sup>1</sup> Индексы опасности  $HI$  для кадмия, ртути, свинца и нитратов, рассчитанные по  $HQ$  всех групп ПП в зависимости от их происхождения (БО, СРФ, СДЗ).

<sup>2</sup> Суммарная величина  $HI$  ( $\Sigma HI$ ) по каждому из приоритетных контаминантов (Cd, Hg, Pb, нитраты) всех групп ПП с учетом их происхождения (БО, СРФ, СДЗ).

<sup>3</sup> Атрибутивный (добавочный) риск ( $AR$ ) – доля риска, обусловленная воздействием изучаемого фактора, – вероятность нарушения здоровья (в % от числа нарушений здоровья в изучаемой популяции), связанная с исследуемым фактором.

Таблица 4

Сравнительные данные величин неканцерогенного риска ( $HI$ ), обусловленного химической контаминацией различных групп пищевых продуктов в 2011 г.

Группа ПП	Индекс опасности ( $HI$ )			Вклад ПП в $\Sigma HI$ (%)	$AR$ (%)
	$HI_{BO}$	$HI_{\Sigma(CPФ:CDЗ)}$	$\Sigma HI$		
Хлебопродукты	2,58	1,62	4,2	17,24	38,45
Масло и жиры	0,22	0,25	0,48	1,97	53,12
Фрукты, ягоды	0,18	0,43	0,61	2,49	70,94
Картофель	1,74	2,94	4,68	19,22	62,78
Овощепродукты	6,62	3,25	9,88	40,55	32,90
Рыбопродукты	1,43	2,04	3,47	14,25	58,61
Сахар, конд. изд.	0,66	0,39	1,05	4,31	37,19
Всего	13,44	10,92	24,36	100,01	

Примечание:  $HI_{BO}$  – индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в БО;  $HI_{\Sigma(CPФ:CDЗ)}$  – индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СДЗ;  $\Sigma HI$  – суммарный индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в БО, СРФ и СДЗ;  $AR$  – атрибутивный неканцерогенный риск, обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СДЗ.

Таблица 5

Оценка риска повреждения критических органов и систем организма при развитии неканцерогенных эффектов, обусловленных химической контаминацией пищевых продуктов в 2011 г.

Поражаемые органы и системы	Контаминанты, воздействующие на органы и системы	Индекс опасности ( $HI$ )				Вклад органов и систем в $\Sigma HI$ (%)	$AR$ (%)
		$HI_{BO}$	$HI_{CPФ}$	$HI_{CDЗ}$	$\Sigma HI$		
Почки	Cd, Hg	2,36	2,03	1,28	5,67	7,67	58,33
Горм.	Cd, Hg, Pb, As	6,43	3,48	1,75	11,66	15,78	44,86
ЦНС	Hg, Pb, As	4,80	1,67	1,00	7,48	10,12	35,78
Нерв. сист.	Pb, As	4,07	1,46	0,46	5,98	8,10	31,94
ССС	As, нитраты	8,71	3,27	2,39	14,36	19,44	39,38
Кровь	Pb, нитраты	8,40	4,72	2,84	15,96	21,61	47,36
Репрод.	Hg, Pb	2,61	1,67	1,00	5,29	7,16	50,57
Иммун.	Hg, Pb, As	4,80	1,67	1,00	7,48	10,13	35,76
Всего		42,18	19,97	11,72	73,87	100,00	

Примечание: *горм.* – эндокринная система; *ЦНС* – центральная нервная система; *нерв. сист.* – периферическая нервная система; *ССС* – сердечно-сосудистая система; *кровь* – кроветворная система и показатели периферической крови; *репрод.* – репродуктивная система; *иммун.* – иммунная система.  $HI_{CPФ}$  – индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ;  $HI_{CDЗ}$  – индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в СДЗ;  $AR$  – атрибутивный неканцерогенный риск, обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СДЗ.

Наибольший вклад в формирование неканцерогенного риска ( $\Sigma HI$ ) обеспечивается за счет проявления неблагоприятных эффектов со стороны кроветворной системы и показателей периферической крови (21,61 %), сердечно-сосудистой (19,44 %) и эндокринной (15,78 %) систем организма (табл. 5).

Потребление населением БО ПП, произведенных в СРФ и СДЗ, формирует добавочный неканцерогенный риск ( $AR$ ), на до-

лю которого приходится 58,33 % всех повреждений почек, 50,57 % нарушений со стороны репродуктивной системы, 47,36 % неблагоприятных эффектов деятельности кроветворной системы и 44,86 % заболеваний эндокринной системы. Аtribuтивный неканцерогенный риск для остальных критических органов и систем организма (табл. 5) составляет от 31,94 до 39,38 %.

Анализ данных табл. 6 свидетельствует о различной роли изученных контаминантов в формировании приоритетных неканцерогенных повреждений органов и систем организма. Так, основной вклад (68,34 %) в формирование общетоксических эффектов со стороны эндокринной системы вносят кадмий (35,90 %) и свинец (32,44 %). Неканцерогенные эффекты со стороны сердечно-сосудистой и кроветворной систем на 84,75 и 75,27 % соответственно формируются под воздействием нитратов.

Таблица 6  
Оценка вклада химических контаминантов и территорий происхождения ПП в формирование приоритетных неканцерогенных повреждений органов и систем организма по данным за 2011 г.

Поражаемые органы и системы	Контаминанты ПП	Индекс опасности (HI)				Вклад контаминантов ПП в $\Sigma HI$ (%)	AR (%)
		HI <sub>БО</sub>	HI <sub>СРФ</sub>	HI <sub>СДЗ</sub>	$\Sigma HI$		
Горм.	Cd	1,63	1,81	0,76	4,19	35,90	61,16
	Hg	0,73	0,22	0,55	1,50	12,88	51,28
	Pb	1,88	1,46	0,45	3,78	32,44	50,23
	As	2,19	–	–	2,19	18,78	–
	Всего	6,43	3,48	1,75	11,66		
ССС	As	2,19	–	–	2,19	15,25	–
	Нитраты	6,52	3,27	2,39	12,17	84,75	46,47
	Всего	8,71	3,27	2,39	14,36		
Кровь	Pb	1,88	1,61	0,45	3,95	24,74	52,33
	Нитраты	6,52	3,11	2,39	12,01	75,27	45,75
	Всего	8,40	4,72	2,84	15,96		

Примечание: *горм.* – эндокринная система; *ССС* – сердечно-сосудистая система; *кровь* – кроветворная система и показатели периферической крови;  $\Sigma HI$  – суммарный индекс опасности (неканцерогенный риск), обусловленный потреблением ПП, произведенных в БО, СРФ и СДЗ; *AR* – атрибутивный неканцерогенный риск, обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СДЗ.

Значение различий уровней химической контаминации ПП в зависимости от их происхождения в формировании приоритетных неканцерогенных повреждений органов и систем организма подтверждается показателями атрибутивного риска (табл. 6). Потребление ПП, произведенных в СРФ и СДЗ, увеличивает риск неканцерогенного повреждения: кроветворной и сердечно-сосудистой систем за счет воздействия нитратов – на 45,75 и 46,47 % соответственно, а эндокринной системы за счет воздействия свинца, ртути и кадмия – на 50,23; 51,23 и 61,16 % соответственно.

Оценка риска развития у населения<sup>1</sup> канцерогенных эффектов (табл. 7, 8) про-

водилась на основе анализа показателей индивидуального, популяционного и атрибутивного канцерогенного риска, детерминированного потреблением ПП, контаминированных кадмием, свинцом и мышьяком.

По данным, приведенным в табл. 7, величина суммарного  $ICR_{Cd}$  и  $ICR_{Pb}$  взрослого и детского населения ( $8,73E-05-1,14E-04$ )<sup>2</sup> относится ко второму диапазону риска<sup>3</sup> и является допустимой. Суммарный  $ICR_{As}$  детского и взрослого населения<sup>4</sup> (табл. 8) находится в интервале  $3,19E-03-1,28E-03$ , относится к третьему диапазону риска и неприемлем для населения в целом.

<sup>1</sup> Население БО в 2011 г. было представлено в виде двух субпопуляций: 1) дети (0–6 лет) – численность – 108308 чел.; 2) взрослые (18 лет и старше) – численность 1271240 чел.

<sup>2</sup> Суммарный  $ICR$  детского и взрослого населения, обусловленный потреблением ПП всех источников происхождения (БО, СРФ и СДЗ), контаминированных кадмием и свинцом.

<sup>3</sup> Здесь и далее оценка уровней риска для здоровья населения дается по классификации Агентства США по токсическим соединениям и регистрации заболеваний (ATSDR), принятой ВОЗ (1996, 1999, 2000) [16,18].

<sup>4</sup> Суммарный показатель  $ICR$  детского и взрослого населения всех типов локализации, обусловленный потреблением ПП, произведенных в БО, контаминированных мышьяком.

Таблица 7

## Показатели канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного контаминацией ПП кадмием и свинцом в 2011 г.

Контаминанты ПП	Виды риска	Исследуемые субпопуляции	Происхождение ПП			Суммарный риск
			БО	СРФ	СДЗ	
<b>Кадмий (Cd):</b> CAS 7440-43-9; $SF_o = 0,38$ (мг/(кг·день) <sup>-1</sup> ; МАИР/ЕРА :1/В1	$ICR_{Cd}$	Взрослые	7,77E-05	1,21E-04	4,88E-05	2,48E-04
		Дети	4,63E-05	4,85E-05	1,95E-05	1,14E-04
	$PCR_{Cd}$	Взрослые	98,78	153,95	62,09	314,96
		Дети	5,01	5,25	2,12	12,38
<b>Свинец (Pb):</b> CAS 7439-92-1; $SF_o = 0,047$ (мг/(кг·день) <sup>-1</sup> ; МАИР/ЕРА : 2A/B2	$ICR_{Pb}$	Взрослые	1,08E-04	8,45E-05	2,53E-05	2,18E-04
		Дети	4,34E-05	3,38E-05	1,01E-05	8,73E-05
	$PCR_{Pb}$	Взрослые	137,82	107,37	32,21	277,41
		Дети	4,70	3,66	1,10	9,46

Примечание: CAS – международный идентификационный код вещества;  $SF_o$  – фактор канцерогенного потенциала для перорального пути поступления, МАИР – Международное агентство по изучению рака; US EPA – Агентство по охране окружающей среды США;  $ICR_{Cd}$  и  $ICR_{Pb}$  – индивидуальный риск здоровью населения, обусловленный контаминацией пищевых продуктов кадмием и мышьяком;  $PCR_{Cd}$ ,  $PCR_{Pb}$  – популяционный риск здоровью населения, обусловленный контаминацией пищевых продуктов кадмием и мышьяком.

Таблица 8

## Показатели канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного контаминацией ПП мышьяком в 2011 г.

Тип рака по локализации	$SF_o$ (мг/(кг·день) <sup>-1</sup>	Взрослые		Дети	
		$ICR_{As}$ (вероятность)	$PCR_{As}$ (число случаев)	$ICR_{As}$ (вероятность)	$PCR_{As}$ (число случаев)
Печень	1,00	3,82E-04	461,31	1,54E-04	16,98
Легкие	2,50	9,55E-04	1153,27	3,84E-04	42,46
Мочевой пузырь	2,50	9,55E-04	1153,27	3,84E-04	42,46
Почки	0,86	3,29E-04	396,73	1,32E-04	14,61
Кожа	1,50	5,73E-04	691,96	2,31E-04	25,48
По всем типам рака		3,19E-03	3856,55	1,28E-03	141,99

Наибольший вклад в общий  $ICR^1$ , обусловленный потреблением контаминированных ПП, вносит мышьяк – 86,75 %, на долю кадмия и свинца приходится 7,28 и 5,97 % соответственно.

Наиболее высокие показатели  $PCR$  установлены для взрослого населения, потребляющего ПП, произведенные в БО: 3,96,73–1153,27 дополнительных случая по отдельным типам рака, суммарно – 3856,55 случая (табл. 8). Аналогичные показатели детского населения составили:  $PCR_{Cd}$  – 314,96;  $PCR_{Pb}$  – 277,41 (см. табл. 7);  $PCR_{As}$  –

141,99 случая (см. табл. 8) дополнительно к фоновому уровню онкологической заболеваемости.

Величина атрибутивного индивидуального и популяционного канцерогенного риска для здоровья населения БО, обусловленного потреблением ПП, произведенных в СРФ и СДЗ, по контаминации свинцом составила 50,32 %, по контаминации кадмием – 68,59 %.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что по вкладу в экспозицию населения наибольшую значимость имеет контаминация хлебопродуктов (Pb – 32,67 %, Cd – 32,67 %, As – 22,93 %), рыбопродуктов (Hg – 73,42 %, Cd – 39,65 %, Pb –

<sup>1</sup> Обобщенный показатель  $ICR$  детского и взрослого населения, обусловленный потреблением ПП всех источников происхождения (БО, СРФ и СДЗ), контаминированных кадмием, свинцом и мышьяком.

19,45 %), картофеля ( $Cd$  – 45,24 %,  $Pb$  – 33,43 %, нитраты – 16,78 %).

Наибольшее число выявленных максимальных уровней вероятности развития неканцерогенных эффектов связано с потреблением детским населением хлебопродуктов ( $HQ_{Pb}$ ,  $HQ_{Cd}$ ,  $HQ_{As}$  = 1,48–1,83), рыбопродуктов ( $HQ_{Cd}$ ,  $HQ_{As}$  = 1,03–1,16), овощей ( $HQ_{As}$ ,  $HQ_{нитрат}$  = 1,71–8,80) и картофеля ( $HQ_{нитрат}$  = 1,69–2,02) местного производства и ввозимых из СРФ и СДЗ.

При оценке риска развития неканцерогенных эффектов в условиях одномоментного поступления и воздействия изученных контаминантов наибольший вклад в неканцерогенный риск вносят нитраты (32,74 %) и свинец (30,98 %), среди групп продуктов – овощи (40,55 %).

По величине вклада в суммарный неканцерогенный риск химических контаминантов ПП проявление их повреждающего действия наиболее вероятно со стороны кроветворной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем.

Химическая контаминация ПП, поступающих из СРФ и СЗД, вносит значительный вклад в формирование неканцерогенного риска среди экспонируемого населения БО. Атрибутивный (добавочный) неканцерогенный риск, обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СЗД, составил:

- по исследованным контаминантам на уровне 46,12–61,03 %;
- по масложировой и фруктово-ягодной продукции, рыбопродуктам и картофелю на уровне 53,12–70,94 %;
- по формированию повреждений и нарушению деятельности почек, кроветворной, репродуктивной и эндокринной системы на уровне 44,86–50,57 %.

Уровень канцерогенного риска взрослого и детского населения (8,73E-05–1,14E-04), обусловленный потреблением ПП, произведенных в БО, СРФ и СДЗ, химически

контаминированных кадмием и свинцом, соответствует допустимому риску и подлежит постоянному контролю.

Канцерогенный риск взрослого и детского населения (1,28E-03–3,19E-03), обусловленный потреблением ПП, контаминированных мышьяком и произведенных в БО, неприемлем для населения в целом, требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий.

Атрибутивный (добавочный) канцерогенный риск, обусловленный потреблением ПП, произведенных в СРФ и СЗД, по контаминации свинцом составил 50,32 %, кадмием – 68,59 %.

Проведенное исследование позволило показать границы вариабельности рисковых характеристик в условиях неопределенностей, связанных с ограниченностью (или отсутствием) реальных данных о поступлении, исследовании и фактическом потреблении населением ПП, произведенных в СРФ, ССНГ и СДЗ.

Для снижения уровня неопределенностей рекомендуется организация и проведение: динамического контроля экспозиций и рисков для здоровья населения, обусловленных потреблением ПП критических территорий их происхождения; корректировки планов лабораторных исследований ПП в системе СГМ; разработки предложений по снижению экспозиции населения приоритетными контаминантами ПП, произведенных за пределами исследуемой территории; обоснование и установление региональных уровней минимального риска и целевых концентраций химических контаминантов ПП; идентификация наиболее подверженных неблагоприятному воздействию химической контаминации ПП, наиболее чувствительных и ранимых групп населения; обоснование приоритетов в выборе подходов к принятию управленческих решений по снижению риска потребления населения химически контаминированных ПП.

### Список литературы

1. Василовский А.М. Гигиенические основы безопасности продовольственной продукции, производимой в Центральной Сибири (на примере Красноярского края): автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Иркутск, 2013.

2. Васильевский А.М., Куркатов С.В., Скударнов С.Е. Комплексные риски для здоровья населения промышленных городов Красноярского края, обусловленные химическим загрязнением объектов окружающей среды // *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей / под ред. акад. РАМН проф. Г.Г. Онищенко, акад. РАМН проф. А.И. Потапова.* – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – Т. I. – С. 356–358.
3. Джатдоева А.А. Оценка риска для здоровья населения, связанного с загрязнением пищевых продуктов токсичными элементами: дис. ... канд. мед. наук. – М., 2006. – 188 с.
4. Гигиеническая оценка содержания контаминантов в продуктах питания по данным социально-гигиенического мониторинга / Л.В. Кислицина, Д.С. Жигаев, В.Ю. Ананьев, П.Ф. Кику // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные направления развития социально-гигиенического мониторинга и анализа риска здоровью» / под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко, акад. РАМН Н.В. Зайцевой.* – Пермь: книжный формат, 2013. – С. 187–193.
5. Зайцева Н.В., Май И.В. Правовые аспекты оценки риска для здоровья населения при обеспечении безопасности товаров: мировой зарубежный опыт и практика Таможенного союза // *Анализ риска здоровью.* – 2013. – № 3. – С. 4–16.
6. 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.
7. Катгунина А.С., Ушаков А.А. Оценка воздействия на здоровье населения продуктов питания, загрязненных химическими веществами // *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей / под ред. акад. РАМН проф. Г.Г. Онищенко, акад. РАМН проф. А.И. Потапова.* – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – Т. III. – С. 99–101.
8. Клещина Ю.В., Павлов Н.И. Оценка риска для здоровья населения в системе контроля за безопасностью пищевого сырья // *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей / под ред. акад. РАМН проф. Г.Г. Онищенко, акад. РАМН проф. А.И. Потапова.* – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – Т. III. – С. 106–108.
9. Колнет И.В., Клепиков О.В., Морковина Д.А. Особенности заболеваемости населения в связи с контаминацией пищевых продуктов // *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей / под ред. акад. РАМН проф. Г.Г. Онищенко, акад. РАМН проф. А.И. Потапова.* – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – Т. III. – С. 111–113.
10. Кузьмина М.В., Ефимова Н.В., Зайкова З.А. Питание как фактор, влияющий на здоровье населения Иркутской области // *Анализ риска здоровью.* – 2013. – № 3. – С. 48–54.
11. Литвинова О.С. Разработка подходов к определению приоритетных контаминантов химической природы в пищевых продуктах в режиме реального времени с целью оптимизации санитарно-эпидемиологического надзора: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2013. – 25 с.
12. Многосредовой риск для здоровья детского и взрослого населения от воздействия химических веществ / Т.Е. Лим, И.А. Воецкий, И.А. Шутова, С.Т. Ярошевский // *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей; под ред. акад. РАМН проф. Г.Г. Онищенко, акад. РАМН проф. А.И. Потапова.* – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – Т. I. – С. 555–558.
13. Многосредовой риск для здоровья населения от воздействия химических веществ окружающей среды на примере города Череповец / И.А. Кузнецова, Т.И. Фигурина, Л.Ш. Петрова, Л.И. Иванникова // *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей; под ред. акад. РАМН проф. Г.Г. Онищенко, акад. РАМН проф. А.И. Потапова.* – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – Т. I. – С. 535–537.
14. Обеспечение безопасности пищевых продуктов и питания для защиты здоровья потребителей: 50-летие Комиссии Кодекс Алиментариус / А. Тритсчер, К. Мягишима, Ц. Нишида, Ф. Бранца // *Бюллетень Всемирной организации здравоохранения* 2013;91:468-468A [Электронный ресурс]. – URL: [medic-info.org/news/alim/2012-06-09-17](http://medic-info.org/news/alim/2012-06-09-17) (дата обращения: 07.12.2013).
15. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население: методические указания. – М.: Федеральный Центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 26 с.
16. 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.
17. Оценка риска для здоровья населения города Омска, связанного с химическим загрязнением окружающей среды / Н.В. Резанова, С.В. Никитин, А.С. Федоров, Е.Л. Овчинникова // *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей: сборник статей; под ред. акад. РАМН проф. Г.Г. Онищенко, акад. РАМН проф. А.И. Потапова.* – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2012. – Т. I. – С. 659–661.

18. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
19. Федоров А.С. Оценка риска для здоровья населения, связанного с химическим загрязнением продуктов питания, ввозимых на территорию Омской области в 2010 году [Электронный ресурс]. – URL: [www.omsksanepid.ru/index.php?subaction=showfull&id...-fqm](http://www.omsksanepid.ru/index.php?subaction=showfull&id...-fqm) (дата обращения: 08.12.2013).
20. Феттер В.В. Оценка риска для здоровья населения химической контаминации продуктов питания и продовольственного сырья // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 4. – С. 54–63.
21. Феттер В.В., Бердинских Н.Н., Завьялова Н.А. Оценка состояния химической контаминации пищевых продуктов // Санитарный врач. – 2011. – № 9. – С. 20–23.
22. Эколого-гигиенические последствия прошлого экологического ущерба в промышленных регионах Сибири / А.П. Михайлуц, А.М. Васильевский, С.Е. Скударнов, Ю.С. Чухров // Эко-бюллетень ИнЭка. – 2008. – № 3 (128) [Электронный ресурс]. – URL: [ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0128&pg=016](http://ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0128&pg=016) (дата обращения: 07.12.2013).

## References

1. Vasilovskiy A.M., Kurkatov S.V., Skudarnov S.E. Kompleksnye riski dlja zdoro-v'ja naselenija promyshlennyh gorodov Krasnojarskogo kraja, obuslovlennye himicheskim za-grjazneniem ob#ektov okruzhajushhej sredy [Comprehensive public health risks of industrial cities of the Krasnoyarsk Krai caused by chemical pollution of the environmental objects]. *Materialy XI Vserossijskogo s#ezda gigieni-stov i sanitarnyh vrachej: sbornik statej*. Vol I. Ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. prof. A.I. Potapov. Jaroslavl': Izd-vo «Kancler», 2012, pp. 356–358.
2. Vasilovskiy A.M. Gigienicheskie osnovy bezopasnosti prodovol'stvennoj pro-dukcii, proizvodimoj v Central'noj Sibiri (na primere Krasnojarskogo kraja): avtorefe-rat dis. ... doktora medicinskih nauk [Hygienic bases of safety of food products produced in Central Siberia (on the example of the Krasnoyarsk Krai), abstract of the thesis ... of Doctor of Medicine]. Irkutsk, 2013.
3. Dzhatdoeva A.A. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija, svjazannogo s zagrjazneniem pishhevyh produktov toksichnymi jelementami: dissertacija ... kandidata medicinskih nauk [Assessment of risk to public health associated with the contamination of food with toxic elements: thesis... of the Candidate of Medicine]. Moscow, 2006. 188 p.
4. Zajceva N.V., Maj I.V. Pravovye aspekty ocenki riska dlja zdorov'ja naselenija pri obespechenii bezopasnosti tovarov: mirovoj zarubezhnyj opyt i praktika Tamozhen-nogo sojuza [Legal aspects of public health risk assessment while ensuring the safety of goods: global foreign experience and practice of the Customs Union]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 3, pp. 4–16.
5. Zajceva N.V., Shur P.Z. Aktual'nye voprosy metodicheskoy podderzhki ocenki ris-ka dlja zdorov'ja naselenija pri obespechenii bezopasnosti produkcii: mirovoj zarubezhnyj opyt i praktika tamozhennogo sojuza [Current issues of methodological support of public health risk assessment while ensuring the safety of goods: global foreign experience and practice of the Customs Union]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 4, pp. 4–16.
6. Katunina A.S., Ushakov A.A. Ocenka vozdejstvija na zdorov'ja na zdorov'e nasele-nija produktov pitaniya, zagrjaznennyh himicheskim veshhestvami [Assessing the impact on public health of chemically polluted food]. *Materialy XI Vseros-sijskogo s#ezda gigienistov i sanitarnyh vrachej: sbornik statej*, vol. III. ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. prof. A.I. Potapov. Jaroslavl': Izd-vo «Kancler», 2012, pp. 99–101.
7. Kislitsina L.V., Zhigaev D.S., Anan'ev V.Yu., Kiku P.F. Gigienicheskaja ocenka so-derzhanija kontaminantov v produktah pitaniya po dannym social'no-gigienicheskogo moni-toringa [Hygienic evaluation of the content of contaminants in food products according to public health monitoring]. *Materialy Vserossijskogo nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem Aktual'nye napravlenija razvitija social'no-gigienicheskogo monitoringa i analiza riska zdorov'ju*. Ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. N.V. Zaitseva. Perm': knizhnyj format, 2013, pp. 187–193.
8. Kleshchina Yu.V., Pavlov N.I. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija v sisteme kon-trolja za bezopasnost'ju pishhevogo syr'ja. [Public health risk assessment in the system of control over the safety of food raw materials]. *Materialy XI Vserossijskogo s#ezda gigieni-stov i sanitarnyh vrachej: sbornik statej*, vol. III. Ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. prof. A.I. Potapov. Jaroslavl': Izd-vo «Kancler», 2012, pp. 106–108.
9. Kolnet I.V., Klepikov O.V., Morkovina D.A. Osobennosti zabolevaemosti nasele-nija v svjazi s kontaminaciej pishhevyh produktov [Peculiarities of morbidity due to food contamination]. *Materialy XI Vserossijskogo s#ezda gigienistov i sanitarnyh vrachej: sbornik statej*, vol. III. ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. prof. A.I. Potapov. Jaroslavl': Izd-vo «Kancler», 2012, pp. 111–113.
10. Kuznetsova I.A., Figurina T.I., Petrova L.Sh., Ivannikova L.I. Mnogosredovoj risk dlja zdorov'ja naselenija ot vozdejstvija himicheskijh veshhestv okruzhajushhej sredy na primere goroda Cherepovec [Multimedia public health risk from exposure to chemicals of the environment on the example of the city of Cherepovets].

*Materialy XI Vserossijskogo s#ezda gigienistov i sanitarnykh vrachej: sbornik statej*, vol. I. Ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. prof. A.I. Potapov. Jaroslavl': Izd-vo «Kancler», 2012, pp. 535–537.

11. Kuz'mina M.V., Efimova N.V., Zaykova Z.A. Pitanie kak faktor, vlijajushhij na zdorov'e naselenija Irkutskoj oblasti [Nutrition as a factor affecting the health of the Irkutsk region]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, Perm', no. 3, pp. 48–54.

12. Lim T.E., Voetskiy I.A., Shutova I.A., Yaroshevskiy S.T. Mnogosredovoj risk dlja zdorov'ja detskogo i vzroslogo naselenija ot vozdeystvija himicheskikh veshhestv [Multimedia health risk to children and adults from exposure to chemicals]. *Materialy XI Vserossijskogo s#ezda gigienistov i sanitarnykh vrachej: sbornik statej*, vol. I. ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. prof. A.I. Potapov. Jaroslavl': Izd-vo «Kancler», 2012, pp. 555–558.

13. Litvinova O.S. Razrabotka podhodov k opredeleniju prioritetnykh kontami-nantov himicheskoi prirody v pishhevyykh produktah v rezhime real'nogo vremeni s cel'ju optimizacii sanitarno-jepidemiologicheskogo nadzora: avtoreferat dis. ... kandidata me-dicinskih nauk [Developing of approaches to the identification of priority contaminants of the chemical nature in food products on a real-time basis to optimize the sanitary and epidemiological surveillance: abstract of the thesis ...of the Candidate of Medicine]. Moskva, 2013.

14. Mikhayluts A.P., Vasilovskiy A.M., Skudarnov S.E., Chukhrov Yu.S. Jekologo-gigienicheskie posledstviya proshlogo jekologicheskogo ushherba v promyshlennykh regionah Sibiri [Ecological and hygienic consequences of past environmental damage in the industrial regions of Siberia]. *Jeko-bjulleten' InJeka*, 2008, no. 3 (128). Available at: [ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0128&pg=016](http://ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0128&pg=016).

15. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy ocenki riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagryznajushhikh okruzhajushhuju sredu [Framework for assessing the public health risk when exposed to chemicals polluting the environment]. Ed. by Rahmanin Ju.A., Onishchenko G.G. Moscow: NII JeCh i GOS, 2002. 408 p.

16. Opredelenie jekspozicii i ocenka riska vozdeystvija himicheskikh kontaminantov pishhevyykh produktov na naselenie. Metodicheskie ukazaniya [Determining exposure and risk assessment of exposure to chemical contaminants in food for the population. Methodical instructions]. Moscow: Federal'nyj Centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2009, 26 p.

17. Rezanova N.V., Nikitin S.V., Fedorov A.S., Ovchinnikova E.L. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija goroda Omska, svjazannogo s himicheskim zagryzneniem okruzhajushhej sre-dy. [Public health risk assessment in the city of Omsk, in connection with chemical pollution]. *Materialy XI Vserossijskogo s#ezda gigienistov i sanitarnykh vrachej: sbornik sta-tej*, vol. I. ed. by RAMS acad. prof. G.G. Onishchenko, RAMS acad. prof. A.I. Potapov. Jaroslavl': Izd-vo «Kancler», 2012, pp. 659–661.

18. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagryznajushhikh okruzhajushhuju sredu [Guidelines in public health risk assessment when exposed to chemicals polluting the environment]. Moscow: Federal'nyj centr Gossanjepid-nadzora Minzdrava Rossii, 2004. 143 p.

19. Tritscher A., Mijagishima K., Nishida Ts., Brantsa F. Obespechenie bezopasnosti pishhevyykh produktov i pitaniya dlja zashhity zdorov'ja potrebitelej: 50-letie Komissii Ko-deks Alimentarius [Ensuring food and nutrition safety to protect the health of consumers: the 50th anniversary of the CODEX Alimentarius Commission]. Bjulleten' Vsemirnoj organizacii zdravoohraneniya 2013;91:468-468A. Available at: [medic-info.org/news/alim/2012-06-09-17](http://medic-info.org/news/alim/2012-06-09-17).

20. Fedorov A.S. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija, svjazannogo s himicheskim za-grjazneniem produktov pitaniya, vvozimyykh na territoriju Omskoj oblasti v 2010 godu [Public health risk assessment associated with chemical contamination of the food imported to the territory of the Omsk region in the year 2010]. Available at: [www.omsksanepid.ru/index.php?subaction=showfull&id...-fqn](http://www.omsksanepid.ru/index.php?subaction=showfull&id...-fqn).

21. Fetter V.V. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija himicheskoi kontaminacii produktov pitaniya i prodovol'stvennogo syr'ja [Evaluation of chemical contamination of food]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013. Perm', no. 4, pp. 54–63.

22. Fetter V.V., Berdinskikh N.N., Zav'yalova N.A. Ocenka sostojaniya himicheskoi kontaminacii pishhevyykh produktov [Public health risk assessment due to the chemical contamination of food products and food raw materials]. *Sanitarnyj vrach*, 2011, no. 9, pp. 20–23.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF PUBLIC HEALTH RISK DETERMINED BY CHEMICAL CONTAMINATION OF DIFFERENT TYPES OF FOOD PRODUCTS

**V.V. Fetter, A.D. Polyakov**

Department of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being  
Surveillance in Belgorod region, Russian Federation, Belgorod, Zeleznyakova St., 2, 308023  
Federal Autonomous Educational Establishment for Higher Professional Education  
"Belgorod State National Research University", Russian Federation, Belgorod, Pobedy St., 85, 308015

The article presents the results of risk comparative analysis and assessment of public health determined by usage of various types of chemically contaminated food products. The significance of local and imported food products to Belgorod region in formation of public exposure to top-priority chemical contaminants has been identified. The article includes integrated comparative assessment of chemical contaminants' contribution as well as of the several groups of products that form the markers of individual and public carcinogenic or non-carcinogenic risk upon the consumption of various types of food products. The article shows comparative analysis levels of carcinogenic or non-carcinogenic risk determined by the consumption of imported products.

**Key words:** origin of food products, chemical contaminants of food products, pro rate contribution in public health risk, risk comparative assessment, attributive risk.

---

© Fetter V.V., Polyakov A.D., 2014

**Fetter Vladimir Vilmarovich** – Candidate of Medical Science, Deputy Head, Assistant professor (e-mail: Fetter\_VV@31.rospotrebnadzor.ru; tel.: phone +7 (4722) 34-30-27).

**Polyakov Andrei Dmitrievich** – Candidate of Medical Science, Head, Senior lecturer (e-mail: postocol@mail.ru; tel.: +7(4722) 34-03-16).

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

---

УДК 532:[612+613]

## ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОТОРИКИ АНТРОДУОДЕНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ДЛЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ ПРИ ПЕРОРАЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ\*

**М.Р. Камалтдинов**

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82  
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29

В рамках многоуровневой модели накопления функциональных нарушений в организме человека под воздействием факторов среды обитания разрабатывается подмодель «мезоуровня» пищеварительной системы. Статья посвящена проблемам реконструкции трехмерной формы антродуоденальной области желудочно-кишечного тракта и расчета сдвигов узлов расчетной сетки при прохождении волны сокращения в антральном отделе и моторной активности пилорического сфинктера. Рассмотренные подходы могут быть применены для задач оценки риска здоровью при пероральной экспозиции химических веществ.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, пищеварительная система, желудок, эволюция риска здоровью, перистальтические волны.

В рамках решения задач оценки влияния факторов среды обитания на здоровье человека, а также прогнозирования развития функциональных нарушений в человеческом организме, связанных с химическими, физическими, социальными и др. факторами, разрабатывается многоуровневая математическая модель [8]. Верхний уровень (или «макроуровень») модели накопления функциональных нарушений – организм в целом, второй уровень (или мезоуровень) – отдельные органы и системы. На основе предлагаемой многоуровневой модели разработаны подходы к оценке интегрального и популяционного риска здоровью [1, 4, 5], методы расчета дополнительных случаев заболеваемости и смертности, обусловленных действием факторов среды обитания [2].

Необходимость установления кинетических зависимостей для химических веществ, поступающих из продуктов питания и питьевой воды в человеческий организм, обуславливает целесообразность развития подмодели «мезоуровня» пищеварительной системы. При пероральной экспозиции химических веществ можно выделить два механизма эволюции риска нарушений пищеварительной системы – непосредственное раздражающее действие химических веществ, содержащихся в полости желудочно-кишечного тракта, на стенку тракта, и негативное воздействие химических веществ, содержащихся в крови, омывающей органы пищеварительной системы. Кроме того, вещества, поступающие в организм через желудочно-кишечный тракт, посредством кровеносной системы могут оказы-

---

© Камалтдинов М.Р., 2014

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

\*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №12-01-00547-а.

вать воздействие и на другие органы и системы, увеличивая риск нарушений здоровья. Таким образом, для оценки риска здоровью при пероральной экспозиции химических веществ в рамках эволюционного моделирования необходим динамический расчет концентраций в полости желудочно-кишечного тракта и кровеносной системе.

Следует заметить, что для решения поставленной задачи необходима соответствующая степень разработанности подмодели пищеварительной системы на «макроуровне» и подмоделей «мезоуровня» – ротовой полости, желудка, кишечника, что в совокупности представляет достаточно объемную проблему. В этой связи в статье рассмотрен только небольшой фрагмент работы, посвященный одной из наиболее интересных подзадач – трехмерному моделированию процесса течения в антродуоденальном отделе желудка с учетом перистальтических волн.

На сегодняшний день с совершенствованием экспериментальных методов исследований, особенно в области получения изображений органов и систем пищеварительной системы (причем зачастую в динамике, позволяющей отследить процесс во времени), бурное развитие получили междисциплинарные подходы – применение методов математического моделирования в физиологии, биологии и биохимии пищеварения. Широко используемые для оценки концентраций веществ в кровеносной, пищеварительной и других системах человеческого организма кинетические камерные модели [6, 7] не позволяют проследить пространственные характеристики процессов, так как в основном базируются на системе обычных дифференциальных уравнений с переменной времени. В этой связи представляется целесообразным оценивать поступление химических веществ через пероральный путь методами механики сплошной среды (гидродинамики) с применением дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих пространственно-временные закономерности. Одним из преимуществ такого подхода является

физиологичность – возможность моделирования основных процессов пищеварения, в том числе всасывание и секрецию (диффузионные процессы), моторику стенок тракта, дробление и растворение пищи, биохимические реакции в полости желудочно-кишечного тракта.

Несмотря на то что в последнее десятилетие начинают развиваться подходы к численному моделированию процесса течения в различных участках пищеварительного тракта – пищеводе, желудке и кишечнике, до сих пор количество трехмерных моделей очень ограничено [14, 24, 27]. Наибольший интерес с точки зрения механики представляют модели течения в антродуоденальной области тракта [9, 12], так как в этом отделе наиболее явно выражены эффекты перемешивания, гомогенизации смеси, обусловленные интенсивной моторной деятельностью мускулатуры стенок [17]. Работы в данном направлении требуют дальнейшего развития – учет указанных выше основных процессов пищеварения, а также нейроэндокринной регуляции и функциональных нарушений органов.

На текущий момент в рамках модели «мезоуровня» пищеварительной системы введены основные понятия и определения, разработана концептуальная постановка, обозначены пути развития подмодели, одним из которых является переход к трехмерной задаче [8]. В данной статье тезисно рассмотрены подходы к реконструкции трехмерной формы антродуоденальной области желудочно-кишечного тракта и определению сдвигов узлов расчетной сетки при прохождении волны сокращения в антральном отделе и моторной активности пилорического сфинктера.

Экспериментальные методы – ультразвуковые исследования (УЗИ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) позволяют получать снимки внутренних органов высокого разрешения в различных сечениях с малым временным интервалом. Результаты МРТ используются для определения размеров частиц, отслеживания моторной

активности тракта, скорости желудочной эвакуации [16, 22]. К основным недостаткам МРТ относится дороговизна оборудования, кроме того, обследование проводится в положении лежа, при котором распределение пищи в тракте отличается в сравнении с положением сидя и стоя [13]. Результаты УЗИ используются для построения геометрической формы органов и оценки двигательной активности ЖКТ [10, 26], при этом если методы восстановления трехмерной формы органов по двухмерным снимкам МРТ и УЗИ достаточно хорошо разработаны [11, 18, 20, 21, 24], то для моделирования волны перистальтики желательнее располагать аналитическим описанием поверхности органа. В силу межиндивидуальной вариабельности размеров и форм органов пищеварительного тракта [22] для построения упрощенной поверхности антродуоденальной области достаточно сведений из анатомических атласов, тем не менее параметры моторной активности (а особенно при функциональных нарушениях) представляется целесообразным определять из эксперимента.

Рассмотрим тезисно алгоритм реконструкции трехмерной формы антродуоденальной области желудочно-кишечного тракта по результатам УЗИ.

1. Геометрическая форма объекта моделирования включает в себя антральный отдел желудка и небольшой участок смежного отдела двенадцатиперстной кишки. В результате проведения УЗИ получены снимки желудка (вертикальное положение тела человека) в плоскостях, параллельных двум основным анатомическим плоскостям: горизонтальной (параллельной уровню земли) и срединной (разделяющей тело человека на две симметричные половины). В первом приближении выполнена оценка размеров желудка и определены опорные точки на вогнутой и выпуклой части антрального отдела в третьем основном (фронтальном) анатомическом сечении (плоскости  $XU$ ). Вогнутая и выпуклая стенки желудка в плоскости  $XU$  аппроксимированы полиномами 6-й степени.

2. Центральная линия антрального отдела желудка определяется как средняя линия между кривыми, аппроксимирующими вогнутую и выпуклую стенку желудка, расположена в плоскости  $XU$  и аппроксимирована полиномом 6-й степени.

3. На следующем этапе проводится построение конечного числа эллипсов переменных радиусов, которые будут являться основой для аппроксимации трехмерной поверхности желудка, центры эллипсов лежат на центральной линии, а эллипс лежит в нормальной плоскости (нормальной плоскостью к пространственной кривой называется плоскость, перпендикулярная к касательной прямой и проходящая через точку касания) к центральной линии. Большая ось эллипса  $r_1$  расположена в плоскости  $XU$ , малая ось  $r_2$  перпендикулярна плоскости  $XU$ , отношение  $r_1$  и  $r_2$  в области антрального отдела желудка и области пилорического отверстия предполагается постоянным и равным 0,613 (оценка выполнена на основе данных УЗИ).

4. Рассчитанные координаты опорных эллипсов экспортированы в *Ansys Design Modeler*, аппроксимация трехмерной поверхности выполнена инструментом *skin/loft* (рис. 1).

Сегмент с наименьшим радиусом соответствует области пилорического сфинктера. Большая ось эллиптического сечения сегмента  $r_1$  изменяется по синусоидальному закону, в который введены параметры, соответствующие открытому/закрытому состоянию сфинктера (что соответствует изменению диаметра пилорического отверстия в плоскости  $XU$  в наиболее узком месте от 0,00923 до 0,00102 м). Полное закрытие сфинктера моделируется малым отверстием, чтобы обеспечить существование решения уравнений движения среды и устойчивость численных расчетов в области пилорического отверстия. В дальнейшем должны быть введены дополнительные критерии на состояние сфинктера (достаточная степень измельчения пищи, кислот-

ность среды). Центральная линия кишечника в первом приближении описывается квадратичной зависимостью от координаты  $x$ , радиус  $r_1$  и  $r_2$  изменяются линейно до

величины 0,014 м, таким образом, сечение кишечника на левой границе принимает форму круга, что соответствует данным анатомических справочников.

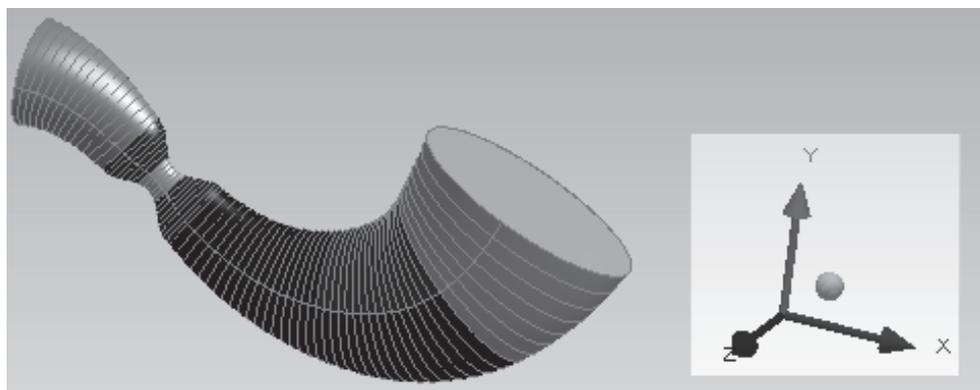


Рис. 1. Построение трехмерной поверхности желудка в *Ansys Design Modeler* (сокращенный сегмент – область пилорического отверстия, сегмент слева от области сокращения – кишечник, справа – антральный отдел желудка)

5. В *Ansys Meshing* построена расчетная сетка из 717953 тетрагональных элементов. Размер ребра поверхностных элемента варьируется от 0,6 мм (в зонах вогнутой части антрального отдела желудка и области вблизи пилорического отверстия) до 1,5 мм (в области выпуклой части антрального отдела желудка).

Распространение волны и взаимодействие с моторикой пилорического сфинктера моделируется на основе известных литературных данных [15, 19] и результатов УЗИ. Через несколько минут после приема пищи в антральном отделе желудка начинают распространяться волны сокращения – сжатие участков (полос) циркулярного слоя мышц по всей окружности желудка. После сокращения участка циркулярных мышц происходит их расслабление, а волна сокращения переходит на другой участок.

Волна антрального сокращения инициируется с эллипса с центром в точке  $x = 0,088$  м и продвигается к пилорическому отверстию со скоростью  $v = 2,2 \cdot 10^{-3}$  м/с, направленной по касательной к центральной линии, в течение 38 с.

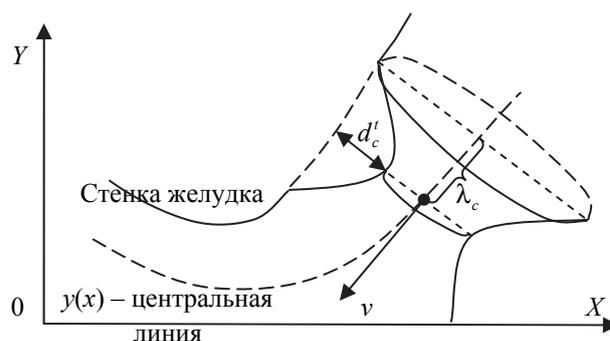


Рис. 2. Параметры волны сокращения в антральном отделе желудка

Значения параметров волны (рис. 2) в базовом сценарии: параметр ширины волны не зависит от времени  $\lambda_c = 0,01$  м (половина ширины волны), амплитуда сокращения линейно возрастает в течение первых 12 с до значения 0,011 м ( $d'_c = (t/12) \cdot 0,011$  м), в момент времени  $t \in [12, 34]$  с амплитуда остается неизменной, при  $t \in [34, 38]$  с линейно уменьшается до 0. Волны инициируются с периодом 18 с. Открытие сфинктера осуществляется при  $t \in [26, 28]$  с, закрытие при  $t \in [30, 32]$  с (рис. 3).



Рис. 3. Положение волн в антральном отделе: *a* – при открытом пилорическом сфинктере; *б* – при закрытом пилорическом сфинктере

Динамическое перепостроение расчетной сетки осуществляется с помощью инструментов *Dynamic Mesh* в решателе *Fluent* с использованием скрипта (*User-Defined Function*), написанного на языке *C*. Скрипт представляет собой программную реализацию трехмерного алгоритма оценки смещения узлов сетки при движении волны антрального сокращения и моторики пилорического сфинктера. Основным этапом алгоритма является определение положения узла в расчетный момент времени через смещение из недеформированного состояния вдоль перпендикуляра к центральной линии с использованием синусоидальной функции:

$$d_{node}^{t+1} = (r_{node} / r_{1node}) \cdot d_c^{t+1} \cdot \left( 1 + \sin \left( \pi \cdot \frac{\lambda_c - \rho_c}{2\lambda_c} \right) \right)^2 / 2, \text{ при } \rho_c \leq \lambda_c, \quad (1)$$

где  $d_{node}^{t+1}$  – величина смещения,  $\rho_c$  – расстояние между центром эллипса и положением центра волны,  $r_{1node}$  – большой радиус эллипса в начальной конфигурации,  $r_{node}$  – радиус эллипса в начальной конфигурации, соответствующего узлу расчетной сетки. Возведение множителя с синусом в сте-

пень (в данном случае в квадрат) обеспечивает сглаживание в области пика волны.

Таким образом, в рамках модели «мезоуровня» пищеварительной системы разработан алгоритм построения трехмерной формы антродуоденальной области желудочно-кишечного тракта по результатам ультразвуковых исследований. Выполнена оценка изменения конфигурации узлов расчетной сетки при прохождении волны сокращения в антральном отделе и моторной активности пилорического сфинктера. Результаты работы будут использованы для расчета трехмерного течения в антродуоденальной области тракта. Дальнейшее развитие модели «мезоуровня» предполагает учет многофазности течения (частицы пищи/жидкость), процессов секреции пищеварительного сока, всасывания токсических веществ в кровеносную систему, элементы нейроэндокринной регуляции. Кроме того, для достижения поставленных задач необходимо дальнейшее развитие других подмоделей пищеварительной системы, в особенности кишечника, где преобладают процессы всасывания веществ в кровеносную систему. Рассмотренные подходы могут быть использованы для оценки риска здоровью при пероральной экспозиции химических веществ в рамках эволюционного моделирования.

### Список литературы

1. Камалтдинов М.Р., Кирьянов Д.А. Применение рекуррентных соотношений для оценки интегрального риска здоровью населения // *Здоровье семьи – 21 век*. № 3. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fh-21.perm.ru/download/2011-3-6.pdf> (дата обращения: 01.02.2013).

2. Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р. Методика расчета дополнительной заболеваемости и смертности на основе эволюционного моделирования риска здоровью населения // *Анализ риска здоровью*. – 2014. – № 1. – С. 31–39.
3. Математическая модель эволюции функциональных нарушений в организме человека с учетом внешнесредовых факторов / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин // *Математическая биология и биоинформатика*. – 2012. – № 2. – С. 589–610. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.matbio.org/2012/Trusov\\_7\\_589.pdf](http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf) (дата обращения: 05.12.2012).
4. 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.
5. 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.
6. Самура Б.А., Дралкин А.В. Фармакокинетика. – Харьков: Основа, 1996. – 286 с.
7. Соловьев В.Н., Фирсов А.А., Филов В.А. Фармакокинетика. – М.: Медицина, 1980. – 432 с.
8. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Камалтдинов М.Р. Моделирование пищеварительных процессов с учетом функциональных нарушений в организме человека: концептуальная и математическая постановки, структура модели // *Российский журнал биомеханики*. – 2013. – № 4. – С. 67–83.
9. Analysis of flow phenomena in gastric contents induced by human gastric peristalsis using CFD / H. Kozu, I. Kobayashi, M. Nakajima, K. Uemura, S. Sato, S. Ichikawa // *Food Biophysics*. – 2010. – Vol. 5. – P. 330–336.
10. Analysis of surface geometry of the human stomach using real-time 3-D ultrasonography in vivo / D. Liao, H. Gregersen, T. Hausken, O.H. Gilja, M. Mundt, G. Kassab // *Neurogastroenterol Motil*. – 2004. – Vol. 16. – P. 315–324.
11. Barequet G., Shapiro D., Tal A. Multilevel sensitive reconstruction of polyhedral surfaces from parallel slices // *The Visual Computer*. – 2000. – Vol. 16. – P. 116–133.
12. Dillard S., Krishnan S., Udaykumar H.S. Mechanics of flow and mixing at antroduodenal junction // *World J. Gastroenterol*. – 2007. – Vol. 13. – P. 1365–1371.
13. Effects of posture on gastric emptying, transpyloric flow, and hunger after a glucose drink in healthy humans / K.L. Jones, D.G. O'Donovan, M. Horowitz, A. Russo, Y. Lei, T. Hausken // *Dig. Dis. Sci*. – 2006. – Vol. 51. – P. 1331–1338.
14. Ferrua M.J., Singh R.P. Modeling the fluid dynamics in a human stomach to gain insight of food digestion // *Journal of food science*. – 2010. – Vol. 75. – P. 151–162.
15. Gastric flow and mixing studied using computer simulation / A. Pal, K. Indreshkumar, W. Schwizer, B. Abrahamsson, M. Fried, J.G. Brasseur // *Proc. R. Soc. Lond. B*. – 2004. – Vol. 271. – P. 2587–2594.
16. Gastric response to increased meal viscosity assessed by echo-planar magnetic resonance imaging in humans / L. Marciani, P.A. Gowland, R.C. Spiller, P. Manoj, J.R. Moore, P. Young, S. Al-Sahab, D. Bush, J. Wright, A.J. Fillery-Travis // *The journal of nutrition*. – 2000. – Vol. 130. – P. 122–127.
17. Kong F., Singh R.P. Disintegration of solid foods in human stomach // *Journal of food science*. – 2008. – Vol. 73. – P. 67–80.
18. Lobregt S., Viergever A. A discrete dynamic contour model // *IEEE transactions on medical imaging*. – 1995. – Vol. 14. – P. 12–24.
19. Pal A., Brasseur J.G., Abrahamsson B. A stomach road or “Magenstrasse” for gastric emptying // *Journal of Biomechanics*. – 2007. – Vol. 40. – P. 1202–1210.
20. Reconstruction of 3D medical object shapes from 2D cross-sections / A. Nedzvezd, P. Lukashevich, S. Ablameyko, T.M. Deserno, Lehmann // *Pattern recognition and information processing: proceedings of the tenth international conference* / Editors: V. Krasnoproshin, S. Ablameyko, R. Sadykhov. – 2009. – P. 247–250.
21. Rohling R.N. 3D freehand ultrasound: reconstruction and spatial compounding. PhD Dissertation. – University of Cambridge, 1998. – 158 p.
22. Schulze K. Imaging and modeling of digestion in the stomach and the duodenum // *Neurogastroenterol Motil*. – 2006. – Vol. 18. – P. 172–183.
23. Scintigraphic validation of a magnetic resonance imaging method to study gastric emptying of a solid meal in human / C. Feinle, P. Kunz, P. Boesiger, M. Fried, W. Schwizer // *Gut*. – 1999. – Vol. 44. – P. 106–111.
24. Singh S., Singh R.P. Gastric Digestion of Foods: Mathematical Modeling of Flow Field in a Human Stomach // *Food Engineering Interfaces*. – 2011. – P. 99–117.
25. Treece G.M. Volume measurement and surface visualisation in sequential freehand 3D ultrasound. PhD Dissertation. – University of Cambridge, 2000. – 172 p.
26. Ultrasound-determined geometric and biomechanical properties of the human duodenum / J.B. Frokjaer, S.D. Andersen, A.M. Drewes, H. Gregersen // *Dig. Dis. Sci*. – 2006. – Vol. 51. – P. 1662–1669.
27. Xue Z., Ferrua M.J., Singh R.P. Computational fluid dynamics modeling of granular flow in human stomach // *Alimentos hoy*. – 2012. – Vol. 21. – P. 3–14.

## References

1. Kamaltdinov M.R., Kir'janov D.A. Primenenie rekurrentnyh sootnoshenij dlja ocenki integral'nogo riska zdorov'ju naselenija [Application of recurrence relations for the evaluation of the integral risk to public health]. *Zdorov'e sem'i - 21 vek*, no. 3. Available at: <http://www.fh-21.perm.ru/download/2011-3-6.pdf>.
2. Kir'janov D.A., Kamaltdinov M.R. Metodika rascheta dopolnitel'noj zaboлеваemosti i smernosti na osnove jevoljucionnogo modelirovanija riska zdorov'ju naselenija [Methods of calculating the additional morbidity and mortality based on evolutionary modeling of health risk]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2014, no. 1, pp. 31–39.
3. Trusov P.V., Zajceva N.V., Kir'janov D.A., Kamaltdinov M.R., Cinker M.Ju., Chigvincev V.M., Lanin D.V. Matematicheskaja model' jevoljucii funkcional'nyh narushenij v organizme cheloveka s uchedom vneshnesredovyh faktorov [Mathematical model of the evolution of functional disorders in the human body, taking into account environmental factors]. *Matematicheskaja biologija i bioinformatika*, 2012, no. 2, pp. 589–610. Available at: [http://www.matbio.org/2012/Trusov\\_7\\_589.pdf](http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf).
4. Zajceva N.V., Shur P.Z., Kir'janov D.A., Kamaltdinov M.R., Cinker M.Ju. Metodicheskie podhody k ocenke populjacionnogo riska zdorov'ju na osnove jevoljucionnyh modelej [Methodological approaches to the assessment of public health risk on the basis of evolutionary models]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2013, no. 1 (238), pp. 4–6.
5. Zajceva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kir'janov D.A., Chigvincev V.M., Cinker M.Ju. Metodicheskie podhody k ocenke riska vozdeystvija raznorodnyh faktorov sredy obitanija na zdorov'e naselenija na osnove jevoljucionnyh modelej [Methodological approaches to assessing the risk of exposure to diverse environmental factors on human health based on evolutionary models]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 1, pp. 15–23.
6. Samura B.A., Dralkin A.V. Farmakokinetika [Pharmacokinetics]. Kharkiv: "Osnova", 1996. 286 p.
7. Solov'ev V.H., Firsov A.A., Filov V.A. Farmakokinetika [Pharmacokinetics]. Moscow: Medicina, 1980. 432 p.
8. Trusov P.V., Zajceva N.V., Kamaltdinov M.R. Modelirovanie pishhevaritel'nyh processov s uchedom funkcional'nyh narushenij v organizme cheloveka: konceptual'naja i matematicheskaja postanovki, struktura modeli [Modeling digestive processes taking into account functional disorders in the human body: conceptual and mathematical formulations, structure of the model]. *Rossijskij zhurnal biomehaniki*, 2013, no. 4, pp. 67–83.
9. Kozu H., Kobayashi I., Nakajima M., Uemura K., Sato S., Ichikawa S. Analysis of flow phenomena in gastric contents induced by human gastric peristalsis using CFD. *Food Biophysics*, 2010, vol. 5, pp. 330–336.
10. Liao D., Gregersen H., Hausken T., Gilja O.H., Mundt M., Kassab G. Analysis of surface geometry of the human stomach using real-time 3D ultrasonography in vivo. *Neurogastroenterol Motil*, 2004, vol. 16, pp. 315–324.
11. Barequet G., Shapiro D., Tal A. Multilevel sensitive reconstruction of polyhedral surfaces from parallel slices. *The Visual Computer*, 2000, vol. 16, pp. 116–133.
12. Dillard S., Krishnan S., Udaykumar H.S. Mechanics of flow and mixing at antroduodenal junction. *World J Gastroenterol*, 2007, vol. 1, pp. 1365–1371.
13. Jones K.L., O'Donovan D.G., Horowitz M., Russo A., Lei Y., Hausken T. Effects of posture on gastric emptying, transpyloric flow, and hunger after a glucose drink in healthy humans. *Dig Dis Sci*, 2006, vol. 51, pp. 1331–1338.
14. Ferrua M.J., Singh R.P. Modeling the fluid dynamics in a human stomach to gain insight of food digestion. *Journal of food science*, 2010, vol. 75, pp. 151–162.
15. Pal A., Indireskumar K., Schwizer W., Abrahamsson B., Fried M., Bresseur J. G. Gastric flow and mixing studied using computer simulation. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 2004, vol. 271, pp. 2587–2594.
16. Marciani L., Gowland P.A., Spiller R.C., Manoj P., Moore J.R., Young P., Al-Sahab S., Bush D., Wright J., Fillery-Travis A.J. Gastric response to increased meal viscosity assessed by echo-planar magnetic resonance imaging in humans. *The journal of nutrition*, 2000, vol. 130, pp. 122–127.
17. Kong F., Singh R.P. Disintegration of solid foods in human stomach. *Journal of food science*, 2008, vol. 73, pp. 67–80.
18. Lobregt S., Viergever A. A discrete dynamic contour model. *IEEE transactions on medical imaging*, 1995, vol. 14, pp. 12–24.
19. Pal A., Bresseur J. G., Abrahamsson B. A stomach road or “Magenstrasse” for gastric emptying. *Journal of Biomechanics*, 2007, vol. 40, pp. 1202–1210.
20. Nedzvezd A., Lukashevich P., Ablameyko S., Deserno T. M., Lehmann. Reconstruction of 3D medical object shapes from 2D cross-sections. *Pattern recognition and information processing: proceedings of the tenth international conference*. Editors: Krasnoproschin V., Ablameyko S., Sadykhov R. 2009, pp. 247–250.
21. Rohling R.N. 3D freehand ultrasound: reconstruction and spatial compounding. PhD Dissertation. University of Cambridge, 1998. 158 p.
22. Schulze K. Imaging and modeling of digestion in the stomach and the duodenum. *Neurogastroenterol Motil*, 2006, vol. 18, pp. 172–183.

23. Feinle C., Kunz P., Boesiger P., Fried M., Schwizer W. Scintigraphic validation of a magnetic resonance imaging method to study gastric emptying of a solid meal in human. *Gut*, 1999, vol. 44, pp. 106–111.
24. Singh S., Singh R.P. Gastric Digestion of Foods: Mathematical Modeling of Flow Field in a Human Stomach. *Food Engineering Interfaces*, 2011, pp. 99–117.
25. Treece G.M. Volume measurement and surface visualisation in sequential freehand 3D ultrasound. PhD Dissertation. University of Cambridge, 2000. 172 p.
26. Frokjaer J.B., Andersen S.D., Drewes A.M., Gregersen H. Ultrasound-determined geometric and biomechanical properties of the human duodenum. *Dig. Dis. Sci*, 2006, vol. 51, pp. 1662–1669.
27. Xue Z., Ferrua M.J., R. P. Singh. Computational fluid dynamics modeling of granular flow in human stomach. *Alimentos hoy*, 2012, vol. 21, pp. 3–14.

## 3D MODELING OF ANTRODUODENAL ZONE MOTILITY OF DIGESTIVE TRACK FOR THE PURPOSE OF HEALTH RISKS EVALUATION WITH PERORAL EXPOSITION TO CHEMICALS\*

**M.R. Kamaltdinov**

Federal Budget Scientific Institution “Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies”, Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya St., 614045  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Perm State National Research Polytechnic University", Russian Federation, Perm, 29 Komsomolsky av., 614990

As a part of multi-level model of accumulation of functional disorders in the human body under the influence of environmental factors, the sub-model of “meso-level” of digestive system is being developed. The article highlights the tasks of reconstruction of 3D model of antroduodenal area of the gastrointestinal tract and evaluation of nodes dislocation of the computational grid at the passing of peristaltic wave in gastric antrum and pyloric sphincter motor activity. The observed approaches could be applied in health risk assessment at peroral exposure to chemicals.

**Key words:** mathematical modeling, digestive system, stomach, evolution of functional disorders, peristaltic waves.

УДК 543.51

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕТИЛ-ТРЕТ-БУТИЛОВОГО ЭФИРА В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Т.С. Уланова, Т.В. Нурисламова

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

Рассматривается применение хромато-масс-спектрометрии для достоверной идентификации и изучения фрагментации ионизированных молекул метил-трет-бутилового эфира в крови человека. На основании регистрации масс-спектра ионов метил-трет-бутилового эфира определена структура, молекулярная масса, элементный состав молекулы метил-трет-бутилового эфира. Установлены характеристические ионы (основной и подтверждающие ионы) и определено хроматографическое время удерживания. В процессе выполнения идентификации метил-трет-бутилового эфира в образце крови на масс-спектрограмме установлен пик, который является результатом взаимного наложения нескольких индивидуальных соединений-изомеров с совпадающими временами удерживания: 2-метилпентан, метилтретбутиловый эфир и 3-метил-пентан. Для оптимального разделения идентифицированных изомеров в процессе исследований обосновано использование двух последовательно соединенных капиллярных колонок различной полярности.

**Ключевые слова:** метил-трет-бутиловый эфир, хромато-масс-спектрометрический метод, характеристические ионы, масс-спектр, масс-селективный детектор.

Для достоверной идентификации в работах по оценке риска неблагоприятного воздействия среды обитания на здоровье населения используются результаты исследования биологических сред населения, выполняемые в рамках систематического биомониторинга. Высокие требования к качеству выполняемых исследований создают необходимость подтверждения и надежной идентификации определяемых в биосредах контаминантов [3, 7]. В условиях комплексной, многокомпонентной нагрузки среды обитания, формируемой выбросами предприятий химической, нефтеперерабатывающей промышленности, автотранспорта и т.д., при реализации биомониторинга проблема надежной и достоверной идентификации определяемых химических соединений на фоне макроколичеств биологического материала сложного состава матрицы биологической среды имеет особую актуальность. Для достоверной иден-

тификации в современных аналитических физико-химических исследованиях используют метод хромато-масс-спектрометрии (ХМС) [6]. В практических исследованиях методом ХМС идентификация отдельных контаминантов биосред может проводиться с помощью компьютерного библиотечного поиска. Возможности идентификации при этом определяются в первую очередь используемым алгоритмом поиска и качеством и размером библиотек, которые, как правило, насчитывают несколько десятков тысяч масс-спектров [6]. В реальных условиях задача осложняется тем, что в результате матричного влияния биосред, мешающего влияния сопутствующих компонентов, факторов нестабильности колоночного фона результаты масс-спектров искажаются и их надежная интерпретация представляется затруднительной [6].

**Цель работы** – разработать ХМС-идентификацию определения метил-трет-

---

© Уланова Т.С., Нурисламова Т.В., 2014

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

**Нурисламова Татьяна Валентиновна** – доктор биологических наук, заведующая лабораторией газовой хроматографии (e-mail: Nurislamova@fcrisk.ru; тел.: 8-(342)-233-10-37).

бутилового эфира (МТБЭ) в крови методом библиотечного поиска и сравнения по стандартному соединению.

**Материалы и методы.** Исследования выполнялись специалистами химико-аналитического отдела ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Объектами исследований являлись биологическая среда (кровь), стандартные растворы метил-трет-бутилового эфира, масс-хроматограммы, масс-спектры метил-трет-бутилового эфира.

Идентификация выполнена при использовании системы «газовая хроматография – масс-спектрометрия» (ГХ-МС). Хроматографическое разделение проводили на газовом хроматографе Agilent 7890А с использованием масс-селективного детектора 5975С и капиллярной колонки HP-5MS 30 m·0,250 mm·0,25 μm. Ионизацию газовых молекул МТБЭ осуществляли методом электронного удара [2]. Поиск характеристических ионов метил-трет-бутилового эфира выполняли с помощью банка библиотеки масс-спектральных данных NIST 08.L.

**Результаты и их обсуждение.** Идентификацию осуществляли сравнением масс-спектра анализируемого соединения с масс-спектром стандартного образца МТБЭ с помощью соответствующих баз данных и компьютерного библиотечного поиска NIST.08L. Результаты идентификации стандартного образца МТБЭ по масс-

спектрам позволили установить: химический состав; основные и подтверждающие ионы МТБЭ; время удерживания МТБЭ; химическую структуру МТБЭ. Хроматограмма по полному ионному току стандартного образца МТБЭ представлена на рис. 1.

Оценка подобия справочной и исследуемой спектрограмм показала идентичность масс-спектра стандарта МТБЭ (верхняя часть рис. 2) и его библиотечного спектра (нижняя часть рис. 2).

Для изучаемого компонента определяли интегральные молекулярные признаки, к которым относятся молекулярная масса, суммарный элементный состав, химическая структурная формула и масс-спектры.

Для определения молекулярной массы и элементного состава исследуемого соединения методом масс-спектрометрии устанавливали пик молекулярного иона и измеряли отношение массы к заряду. По результатам библиотечного поиска установлен элементный состав метил-трет-бутилового эфира (2-метил-2-метоксипропан), отвечающий формуле  $C_5H_{12}O$ .

Сравнение масс-спектров стандартного образца МТБЭ со спектрами, заложенными в банк библиотеки масс-спектральных данных NIST 08.L позволило установить его характеристические ионы (основной и подтверждающий). Основной (максимальный) пик в масс-спектре отвечает характеристическому иону с массой  $m/z$  73,0, масса подтверждающих ионов равна  $m/z$  57, 41.

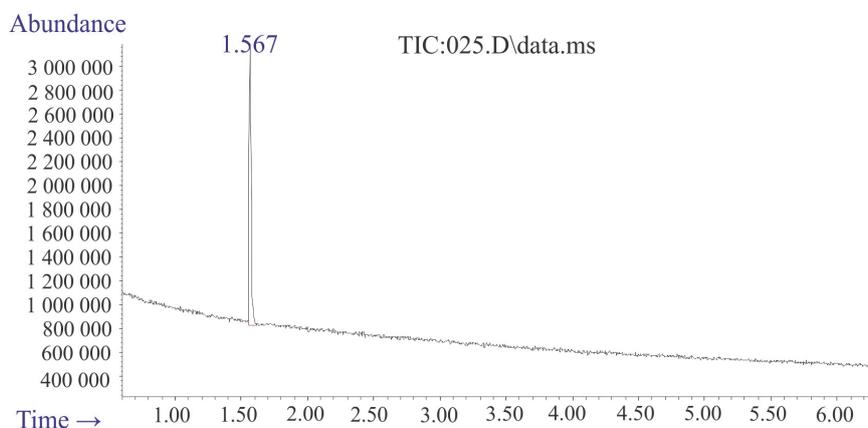


Рис. 1. Хроматограмма по полному ионному току стандартного образца МТБЭ (время удерживания 1,57 мин)

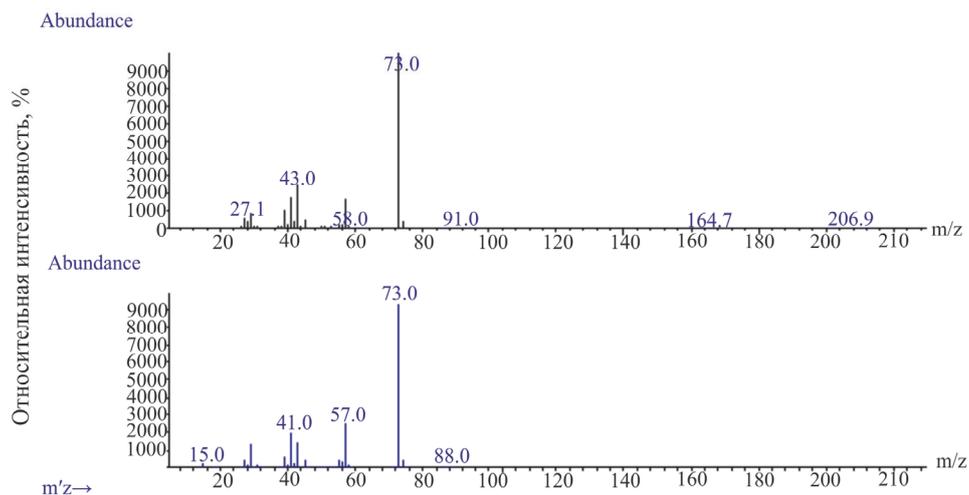


Рис. 2. Масс-спектрограмма сравнения масс-спектра стандарта МТБЭ с библиотечным спектром по характеристическим ионам ( $m/z$  73, 57, 41)

Результаты вероятностного поиска по показателю качества совпадения при исследовании стандартных образцов МТБЭ позволили заключить, что его масс-спектры совпали с библиотечными масс-спектрами со значением коэффициента подобия более 90 % при совпадении времени удерживания.

**Идентификация МТБЭ в образце крови.** В процессе исследований из биологической матрицы (кровь) выделяли метил-трет-бутиловый эфир методом создания равновесной паровой фазы в замкнутом

объеме и выполняли газохроматографический анализ [1]. При анализе равновесной паровой фазы МТБЭ с помощью ГХ-МС образец вводили в капиллярную колонку длиной 30 м газового хроматографа Agilent 7890А с масс-селективным детектором 5975С. Для получения воспроизводимости масс-спектров ионизацию молекул МТБЭ проводили в газовой фазе методом электронного удара [4]. Фрагмент хроматограммы по полному ионному току образца крови представлен на рис. 4.

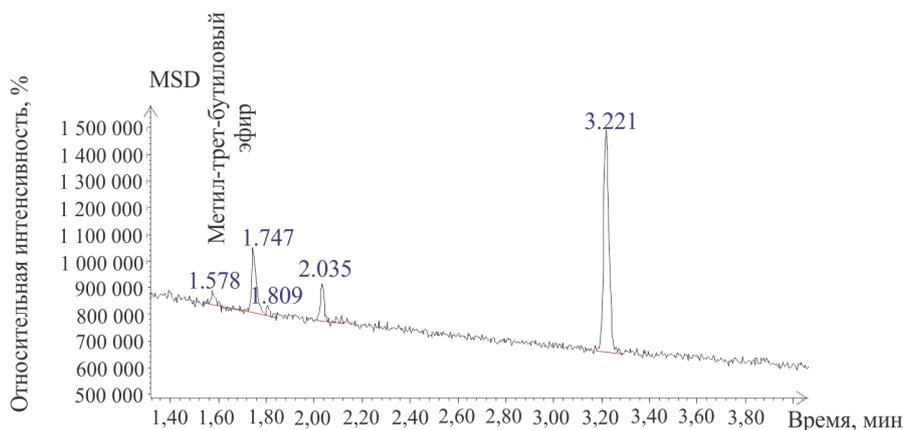


Рис. 3. Фрагмент хроматограммы образца крови, содержащей МТБЭ (время удерживания 1,57 мин), по полному ионному току

Масс-хроматограмму строили по полному ионному току и по характеристическим ионам МТБЭ ( $m/z$  73,1; 57; 41). Применение капиллярной газожидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектро-

метром (ГХ-МС) позволило провести регистрацию хроматограммы образца крови, которая затем была реконструирована по характеристическим ионам. Сканирование исследуемого образца крови по всему диа-

пазону масс позволило идентифицировать 10 масс-спектров органических соединений: пропан, 2-метокси-2-метил (метил-трет-бутиловый эфир), бензол, толуол, 1,3,5-циклогептарин, бензальдегид, фенол 2-метил, бензиловый спирт, бутил 2-метил-пропиловый эфир, 1,2-бензолдикарбоксилиловой кислоты, дибутилфталат, бутил 4-хлорфениловый эфир фталевой кислоты с вероятностью совпадения 78–94 %.

На следующем этапе исследований выполняли индивидуальную идентификацию МТБЭ по параметрам удерживания (определено по градуировочным раство-

рам) и путем сравнения характеристических ионов масс-спектров с библиотечными спектрами. Для построения масс-хроматограммы использовали интенсивности пиков нескольких ионов из записанного масс-спектра и строили график. Реконструированная масс-хроматограмма по характеристическим ионам МТБЭ представлена на рис. 5. Согласно данным по времени удерживания МТБЭ максимумы на масс-хроматограммах для всех характеристических ионов ( $m/z$  73, 57 и 41) в спектре интенсивных пиков соответствуют этому соединению, подтверждая присутствие МТБЭ в крови.

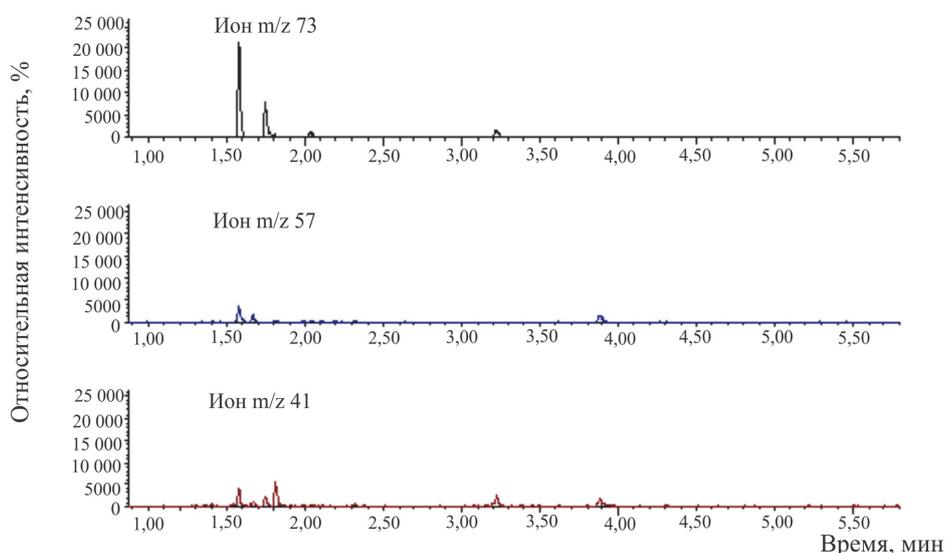


Рис. 4. Масс-хроматограмма, соответствующая хроматографическому пику МТБЭ (характеристические ионы  $m/z$  73, 57 и 41, время удерживания 1,57 мин)

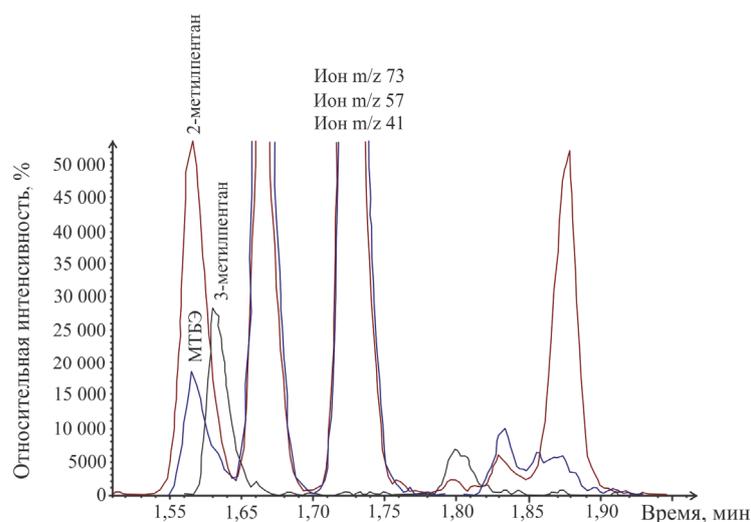


Рис. 5. Масс-хроматограмма образца крови, содержащей органические соединения: 2-метилпентан, метил-трет-бутиловый эфир и 3-метилпентан

Наличие на масс-хроматограмме пика с точно заданной массой  $m/z$  73 и временем удерживания 1,57 мин для изучаемого соединения являются весомым доказательством его присутствия в образце крови.

В процессе идентификации на масс-хроматограмме (рис. 6) было установлено наложение пиков ионов, соответствующих органическим соединениям: 2-метилпентан, метил-трет-бутиловый эфир и 3-метилпентан.

Наличие на масс-хроматограмме (рис. 6) неразделенных пиков является одной из проблем, возникающих при проведении идентификации и количественного анализа реальных образцов крови [5]. Вопрос о чистоте пика и установлении его однородности представляется особенно актуальным при определении низких содержаний органических соединений в образцах сложного состава, поскольку наложение пиков определяемого аналита и других соединений детектируется как единичный компонент и это приводит к неверным результатам ана-

лиза. Исследуя временную зависимость интенсивности тока по отдельным ионам в пределах анализируемого искаженного пика, установили, что времена, соответствующие максимумам ионного тока ионов 2-метилпентан (время удерживания 1,567 мин), метил-трет-бутиловый эфир (время удерживания 1,575 мин) и 3-метилпентан (время удерживания 1,615 мин) не совпадают. Это является подтверждением того, что обсуждаемый пик образован более чем одним компонентом.

Поскольку времена удерживания трех компонентов, образующих пик, не совпадают, масс-спектры в передней (1,567 мин), средней (1,575) и задней (1,615) частях пика дают чистые масс-спектры каждого из компонентов – 2-метилпентана, метил-трет-бутилового эфира и 3-метилпентана.

Расшифровку масс-спектра метил-трет-бутилового эфира образца крови выполняли по параметрам удерживания и путем сравнения характеристических ионов масс-спектров с библиотечными спектрами (рис. 7).

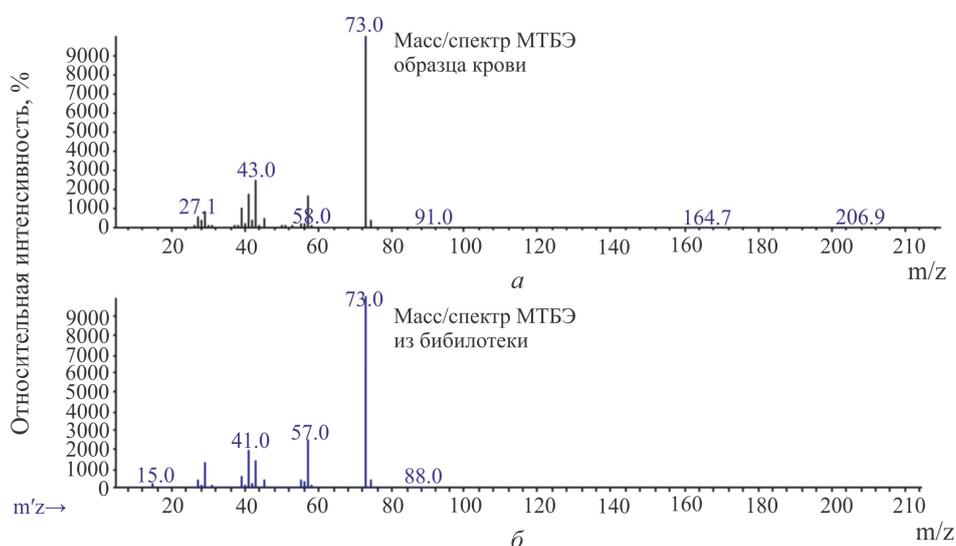


Рис. 6. Масс-спектр МТБЭ (а) и его сравнение с библиотечным масс-спектром (б) по характеристическим ионам ( $m/z$  основной 73, подтверждающие  $m/z$  57, 41)

Анализ справочной и исследуемой спектрограмм показывает идентичность масс-спектра компонента метил-трет-бутилового эфира образца крови (верхняя часть рис. 7) и его библиотечного спектра (нижняя часть рис. 7).

На масс-хроматограмме (см. рис. 6) анализируемого образца крови пик со временем удерживания в диапазоне 1,567–1,615 мин является результатом взаимного наложения нескольких индивидуальных пиков соединений-изомеров с совпадающими времена-

ми удерживания, поэтому для разделения изомеров предельных углеводородов (2-метилпентан, 3-метилпентан) и метил-трет-бутилового эфира необходимо подобрать новые условия хроматографического разделения. Для этого в процессе исследований обосновано применение последовательно соединенных неполярной колонки с рабочей жидкой фазой на основе полиметилсилоксана DB-624 60 м×0,32 мм×1,8 μm и полярной на основе полиэтиленгликоля с высоким разрешением и низким пределом детектирования HP-1 30 м×0,32 мм×0,25 μm. При этих условиях на хроматограмме отсутствует пик, соответствующий изомерам 2-ме-

тил пентан и 3-метил пентан, и время удерживания метил-трет-бутилового эфира составляет 11,3 мин. Применение различных колонок дает возможность по изменению индексов удерживания одних и тех же веществ в анализе определиться с точной идентификацией соединений, присутствующих в анализируемом биологическом образце.

Выполненные исследования использованы при разработке метода определения метил-трет-бутилового эфира в крови для оценки воздействия этого соединения на здоровье населения, оценки рисков и проведения исследований в рамках социально-гигиенического мониторинга.

### Список литературы

1. Виттенберг А.Г. Парофазный газохроматографический анализ // Памяти Б.В.Иоффе. – СПб., НИИ Химии СПбГУ, 1998. – С. 7–69.
2. Вульфсон Н.С., Заикин В.Г., Микая А.И. Масс-спектрометрия органических соединений. – М.: Химия, 1986. – 312 с.
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. К вопросу установления и доказательства вреда здоровью населения при выявлении неприемлемого риска, обусловленного факторами среды обитания // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 14–25.
4. Клюев Н.А., Бродский Е.С. Современные методы масс-спектрометрического анализа органических соединений // Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2002. – Т. XLVI, № 4. – С. 57–63.
5. Количественная газовая хроматография с жидкокристаллическим сорбентом под действием электрического поля / Л.А. Онучак, Ю.И. Арутюнов, А.И. Жосан, Е.В. Дмитриева, С.В. Александрова // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2009. – № 6 (72). – С. 149–158.
6. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды. – СПб.: НПО «Профессионал», 2012. – 720 с.
7. Онищенко Г.Г. Актуальные проблемы методологии оценки риска и ее роль в совершенствовании системы социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. – 2006. – № 5. – С. 3–7.

### References

1. Vittenberg A.G. Parofaznyj gazohromatograficheskij analiz [Head space gas-chromatographic analysis]. *V sb. «Pamjati B.V.Ioffe»*, St. Petersburg: NII Himii SPbGU, 1998, pp. 7–69.
2. Vul'fson N.S., Zaikin V.G., Mikaja A.I. Mass-spektrometrija organicheskikh soedinenij [Mass spectrometry of organic compounds]. Moscow: Himija. 1986, 312 p.
3. Zajceva N.V., Maj I.V., Klejn S.V. K voprosu ustanovlenija i dokazatel'stva vreda zdorov'ju naselenija pri vyjavlenii nepriemlego riska, obuslovlennogo faktorami sredy obitanija [On the issue of establishing and evidence of harm to public health in identifying unacceptable risk due to environmental factors]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 2, pp. 14–25.
4. Kljuev N.A., Brodskij E.S. Sovremennye metody mass-spektrometricheskogo analiza organicheskikh soedinenij. Rossijskij Himicheskij Zhurnal [Modern methods of mass spectrometry analysis of organic compounds]. *Zhurnal Rossijskogo Himicheskogo Obshhestva im. D.I. Mendeleeva*, 2002, vol. XLVI, no. 4, pp. 57–63.
5. Onuchak L.A., Arutjunov Ju.I., Zhosan A.I., Dmitrieva E.V., Aleksandrova S.V. Kolichestvennaja gazovaja hromatografija s zhidkokristallicheskim sorbentom pod dejstviem jelektricheskogo polja [Quantitative gas chromatography with a liquid crystal sorbent under the influence of an electric field]. *Vestnik SamGU–Estestvennonauchnaja serija*, 2009, no. 6 (72). pp. 149–158.
6. Malysheva A.G., Rahmanin Ju.A. Fiziko-himicheskie issledovanija i metody kontrolja veshhestv v gigiene okruzhajushhej sredy [Physical and chemical studies and methods of control of substances in environmental hygiene]. SPb.: NPO «Professional», 2012. 720 p.

7. Onishhenko G.G. Aktual'nye problemy metodologii ocenki riska i ee rol' v sovershenstvovanii sistemy social'no-gigienicheskogo monitoringa [Actual problems of risk assessment methodology and its role in improving public health monitoring]. *Gigiena i sanitarija*, 2006, no. 5, pp. 3–7.

## IDENTIFICATION OF METHYL TERT-BUTYL ETHER IN HUMAN BLOOD WITH CHROMATOGRAPHY-MASS-SPECTROMETRIC METHOD

**T.S. Ulanova, T.V. Nurislamova**

Federal Budget Scientific Institution “Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies”, Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya st., 614045

This article details the applying of GC-MS for accurate identification and study the fragmentation of ionized molecules of methyl tert-butyl ether in human blood. Basing on the reception of mass spectrum of ions of methyl tert-butyl ether the structure, molecular weight, elemental composition of a molecule of methyl tert-butyl ether are defined. The characteristic ions (primary and confirming ions) of methyl tert-butyl ether are detected and the chromatographic retention time is determined.

In the process of performing of identification of methyl tert-butyl ether in a blood sample on the mass spectrogram the peak is set which is the result of overlap of several individual peaks of the compounds-isomers with the identical retention times: 2- methylpentane, methyl tert-butyl ether and 3-methyl pentane. To eliminate low resolution in the studies two consecutive capillary columns were used.

**Key words:** methyl tert-butyl ether, chromatographic-mass-spectrometric method, characteristic ions, mass-spectrum, mass-selective detector.

---

© Ulanova T.S., Nurislamova T.V., 2014

**Ulanova Tatyana Sergeevna** – DSc, Head of Analytical Chemistry Department (e-mail: ula-nova@fcrisk.ru; тел.: 8-(342)-233-10-37).

**Nurislamova Tatyana Valentinovna** – DSc, Head of Gas Chromatography Laboratory (e-mail: Nuris-lamova@fcrisk.ru; тел.: 8-(342)-236-32-64).

УДК 316.77

## РИСК-КОММУНИКАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЕМ НАСЕЛЕНИЯ\*

**Н.А. Лебедева-Несевря**

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

Обосновывается необходимость интерпретации риск-коммуникации в сфере здоровья как целенаправленного обмена информацией между заинтересованными сторонами, выступающими равноправными участниками диалога, о значениях и уровнях рисков здоровью, а также способах их снижения. В качестве ключевых субъектов риск-коммуникации выступают: а) экспертное сообщество, б) лица, принимающие решения, в) население, г) СМИ и д) НКО.

**Ключевые слова:** риск, здоровье, коммуникация, информирование.

Осуществление эффективной риск-коммуникации является залогом успешного включения всех заинтересованных сторон в управление риском, ключом к переходу от «информирования» к «участию». Согласно подходу ВОЗ, участие означает право и способность всех заинтересованных лиц «выражать свои мнения и предпочтения, поднимать вопросы, вызывающие их обеспокоенность», а также «влиять на те знания и отношения, которые необходимы для поиска наилучших решений» в области риска. По сути это означает необходимость отказа от традиционной «экспертной» модели управления рисками и перехода на социально-ориентированный подход, в рамках которого анализируются такие аспекты риска, как «воспринимаемый риск», «социально допустимый уровень риска» и «социальное принятие риска». Риск должен исследоваться в контексте существующих ценностей общества, а управление им сопровождаться общественной поддержкой на всех этапах.

Развитие теорий риск-коммуникаций в сфере здоровья строилось от указания на

значимость ликвидации разрыва между специализированным и обыденным пониманием риска с помощью максимального расширения знаний о риске общественности и лиц, принимающих решения [16], до признания целесообразности партиципативных моделей коммуникации риска, базирующихся на принципе равноправия участников дискурса [18]. Сегодня концепцией, наиболее адекватно описывающей процесс риск-коммуникаций в сфере здоровья, является так называемая диалогическая перспектива, изложенная в работах V. Sovello и соавт. [11]. Опираясь на данный подход, коммуникацию рисков здоровью можно раскрыть как целенаправленный обмен информацией между заинтересованными сторонами о значениях и уровнях рисков здоровью, а также способах их снижения. Ключевой в данном определении является категория информационного обмена, предполагающая, что у каждого из субъектов коммуникации есть определенная информация о риске, которой он желает поделиться и в ответ на которую заинтересован получить реакцию (обратную связь).

---

© Лебедева-Несевря Н.А., 2014

Лебедева-Несевря Наталья Александровна – кандидат социологических наук, заведующая лабораторией методов анализа социальных рисков (e-mail: natnes@list.ru; тел.: 8(342)237-25-47).

\*Статья подготовлена при финансовой поддержке РГНФ, проект № 14-16-59011.

Субъектами процесса коммуникации рисков здоровью являются, во-первых, представители экспертного сообщества – специалисты по оценке риска (например, в России – представители органов, аккредитованных по оценке риска для здоровья), сотрудники учреждений здравоохранения, представители органов и организаций Роспотребнадзора, ученые. Все они выступают носителями специализированного знания, и их совместная задача – обеспечить максимально полное информирование заинтересованных сторон об установленных уровнях рисков для здоровья, а также о мерах, требующихся для снижения риска до приемлемого уровня.

Медикализация общества, отражающая тенденцию усиления влияния медицины в самых разнообразных сферах жизнедеятельности современного социума, с одной стороны, детерминирует возрастание роли врача как субъекта распространения информации о рисках для здоровья, с другой – объясняет формирование нового типа «псевдоэкспертного» сообщества, представители которого, позиционируя себя в качестве специалистов в сфере рисков для здоровья, дают рекомендации по их минимизации. Важно, что суждения и оценки представителей данного сообщества являются крайне востребованными у населения. Яркий пример тому – высокие рейтинги телевизионных программ, посвященных обсуждению проблем здоровья, сочетающиеся с высоким уровнем доверия зрительской аудитории ведущим данных программ.

Во-вторых, в процесс коммуникации рисков активно включено население – как те социальные группы, которые выступают объектом риска, так и широкая общественность. В основном здесь используются неформальные каналы коммуникации – от межличностного общения с родственниками и друзьями до социальных сетей. Причем значение последних в коммуникации риска является все более возрастающим. Социальные сети способны выступать и как инструмент для поиска релевантной информации о риске (феномен апомедиации [15]), и как источник формирования «чув-

ства возмущения» [19], принципиально модифицирующего риск в сознании людей и отдаляющего, зачастую колоссально, его восприятие («воспринимаемый риск») от его реальных или установленных значений («фактический риск» и «исчисленный риск»).

Здесь обнаруживается первая проблема коммуникации рисков, заключающаяся в том, что их активное обсуждение вне специализированного знания приводит к неадекватному восприятию опасности (угрозы) здоровью населением (т.е. объектом риска).

Источником формирования чувства возмущения (outrage) выступает третий субъект коммуникации рисков – средства массовой информации (СМИ). С одной стороны, распространение информации, в том числе и о рисках здоровью, является одной из ключевых функций СМИ [17], с другой – реализация этой функции невозможна без сопутствующей функции редактирования, т.е. отбора и комментирования информации. В итоге в СМИ имеет место смещение акцентов в информации о рисках здоровью в сторону негативных элементов сообщений – ущерба, вреда, опасности, при замалчивании сведений об установленной вероятности события.

Отметим, что СМИ могут также занижать реальные риски здоровью, формируя иной тип неадекватного восприятия рисков. Причина лежит в тенденции коммерциализации журналистики и медиа-пространства, определяющей ангажированность СМИ и приписанную им необходимость представлять интересы определенных лиц и организаций.

Тенденция возрастания общественной активности в информационной сфере, увеличение количества и влияния альтернативных СМИ, созданных, преимущественно, на базе социальных сетей, а также демократизация медиа [22] определяют размытие границ между СМИ и общественностью как двумя отдельными субъектами риск-коммуникации.

Четвертым субъектом коммуникации рисков в сфере здоровья выступают лица,

принимающие решения. Органы государственной власти и местного самоуправления, реализуя политику по сохранению и укреплению здоровья населения, активно распространяют информацию о рисках здоровью (например, в рамках реализации программ по формированию здорового образа жизни населения), а активное внедрение систем health management на предприятиях и в организациях предполагает, что руководители будут выступать ключевым субъектом информирования работников о рисках, связанных с действием не только профессиональных, но и социальных, и поведенческих факторов на здоровье. При этом лица, принимающие решения, не являются в строгом смысле представителями экспертного сообщества, так как сами получают информацию об уровнях риска от специалистов по его оценке. Однако именно в функции представителей органов власти и руководителей предприятий входит задача определения и принятия конкретных мер по минимизации рисков для здоровья.

Активным субъектом коммуникации рисков, особенно в развитых западноевропейских и североамериканских обществах, являются некоммерческие организации, занимающиеся вопросами охраны окружающей среды, пропаганды здорового образа жизни, противодействия распространению поведенческих практик, разрушающих здоровье, и пр.

Все субъекты процесса коммуникации рисков для здоровья являются и производителями, и потребителями информации о риске. Однако, если экспертное сообщество и лица, принимающие решения, имеют дело преимущественно с результатами оценки риска, то средства массовой информации, некоммерческие организации и население – с воспринимаемым риском, значение и смысл которого преломляются через реакцию возмущения, формируемую как на уровне повседневных межличностных неформальных коммуникаций, так и с помощью средств массовой информации и некоммерческих организаций.

Реакция возмущения является результирующей сочетания социокультурных

ценностей и стереотипов, характерных для общества в целом и отдельных социальных групп, и информационно-дискурсивного поля, формируемого субъектами коммуникационного процесса. Причем, реакция возмущения может быть как завышенной, так и заниженной, и, соответственно, неадекватной реальной (исчисленной) опасности. Например, для России характерно лояльное отношение населения к курению: по данным фонда «Общественное мнение» (ФОМ) по состоянию на январь 2013 г. 61 % россиян не одобряли введение запрета на предприятиях и в организациях так называемых «курилок» (специально оборудованных комнат для курения), 53 % жителей полагали, что введенный штраф за курение в общественных местах либо завышенный, либо вообще излишний [9]. Подавляющее большинство россиян не верит в эффективность государственных мер, направленных на противодействие курению. Так, согласно опросу ФОМ, в октябре 2012 г. 74 % жителей страны полагали, что «антитабачный» закон и прописанные в нем мероприятия либо приведут к незначительному снижению числа курильщиков (36 % опрошенных), либо вообще не повлияют на количество курящих людей (38 %) [1]. Результаты опроса Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) в феврале 2013 г. показали, что 49 % россиян считают, что новый закон не снизит потребление табака, а лишь спровоцирует коррупцию и дополнительные траты из бюджета [2]. Курение (как активное, так и пассивное) не воспринимается как значимый фактор риска для здоровья. Например, по данным ФОМ, только 9 % населения, заботящегося о своем здоровье, видят в качестве проявления данной заботы отказ от вредных привычек вообще и курения в частности [5]. Опрос же ВЦИОМ показал, что большинство россиян вообще не связывают курение и состояние своего здоровья – лишь 5 % опрошенных сказали, что данный фактор является существенным для их самочувствия [8]. При этом треть россиян (28 %) является регулярными курильщиками, а среди мужчин доля регулярно куря-

щих составляет 43 % [10]. Подобное лояльное отношение к курению формирует заниженную реакцию возмущения, приобретающую форму «эффекта сглаживания», когда риски, оцениваемые специалистами как значимые, не воспринимаются таковыми населением.

Основным носителем знания о рисках здоровью является экспертное сообщество. Его задача – обеспечить максимально полной информацией о риске другие заинтересованные стороны, добившись соответствия исчисленного и воспринимаемого риска. Функция информирования о риске реализуется также и лицами, принимающими решения. Они, получив информацию о риске от органов по оценке риска (или других представителей экспертного сообщества), во-первых, принимают решение о мерах по снижению риска (если таковые необходимы), во-вторых, информируют об уровнях риска и принятых в отношении него решениях население, СМИ и НКО. В свою очередь СМИ и НКО также реализуют функцию информирования населения. Однако население не может восприниматься только как конечный объект информирования о риске, так как: 1) через каналы неформальных коммуникаций риски здоровью дискутируются внутри различных социальных групп без посредничества каких-либо социальных институтов или организаций; 2) население само может выступать инициатором (отправителем) сообщения о риске, адресованного, например, лицам, принимающим решения; 3) население выступает субъектом обратной связи, реагируя на информационное сообщение, переданное в процессе информирования о риске.

Приведем некоторые данные опроса, осуществленного в мае 2013 г. ВЦИОМ под названием «Мы и наши болезни». Согласно полученным результатам, чаще всего основной причиной своих болезней и болезней друзей и родственников россияне считают стрессы и тревоги (30 % опрошенных). Причем, на протяжении последних 7 лет данная причина лидирует при ответе на этот вопрос (2006 и 2008 г. – по 34 %

респондентов выбрали указанный вариант ответа, 2010 г. – 33 %, 2012 г. – 29 %) [8]. На втором месте по популярности в списке основных причин болезней – «плохая окружающая среда» (выбрано 26 % респондентов), на третьем – «возраст» (24 %) <sup>1</sup>. Доля респондентов, затруднившихся ответить на поставленный вопрос, составляет 5 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что тема факторов, формирующих здоровье, не только знакома населению, но у граждан сложилось определенное достаточно устойчивое мнение относительно того, что влияет на их здоровье в большей степени. Результаты опроса являются, в первую очередь для лиц, принимающих решения, маркером актуализированных в сознании населения проблем и особенностей восприятия рисков для здоровья, на которые необходимо ориентироваться при разработке программ информирования.

Эффективность коммуникации рисков для здоровья определяется следующими параметрами: 1) готовность и способность субъектов риск-коммуникации к конструктивному диалогу; 2) способность экспертного сообщества донести информацию о рисках до различных социальных групп и институтов; 3) специфика реакции возмущения; 4) соотношения риска реального, риска исчисленного и риска воспринимаемого.

Говоря о восприятии рисков, во главу угла следует поставить индивида, который: а) оценивает вероятность возникновения некоторой будущей ситуации; б) определяет ее как нежелательную или опасную; в) обладает набором суждений, представлений и установок относительно данной ситуации и ее последствий (т.е. относительно риска) [3]. Последнее, собственно, и детерминирует то, оценит ли индивид будущую ситуацию как опасную и как определит ее вероятность. Источником представлений и установок относительно риска

<sup>1</sup> Вопрос имел форму неальтернативного закрытого вопроса, допускающего возможность выбора нескольких вариантов ответа, поэтому сумма распределения ответов по всем вариантам превышает 100 %.

могут выступать принадлежность к культурам и субкультурам [14, 21], личный опыт индивида, его социальное окружение, социальные контексты [13, 20], сложившаяся система ценностей и предпочтений [12] и пр. Главное, что допущение различия риска реального, исчисленного и воспринимаемого приводит к необходимости интерпретации риска не только как познаваемого объективного факта, но и как социального конструкта.

Социальное конструирование рисков для здоровья означает, что риски создаются в процессе социального взаимодействия, воспринимаются как часть реальности, интерпретируются, наделяются смыслами и становятся детерминантами социального поведения. Акторами процесса конст-

руирования рисков для здоровья выступают не только индивиды, но и социальные группы, организации и институты. Например, формирование СМИ реакции возмущения является примером конструирования риска.

При разработке мероприятий по распространению информации о рисках здоровью населения следует учитывать весь комплекс факторов, влияющих на адекватность восприятия сведений целевой аудиторией, адаптировать содержание и форму предоставления информации в зависимости от интересов, потребностей и др. характеристик целевой группы, что позволит существенно повысить эффективность реализации функции информирования.

### Список литературы

1. «Антитабачный законопроект» // Официальный сайт ФОМ. – URL: <http://fom.ru/obshchestvo/10679> (дата обращения: 31.03.2014).
2. Антитабачный закон: оценка и последствия // Официальный сайт ВЦИОМ. – URL: <http://wciom.ru/index.php?id=459&uid=113670> (дата обращения: 01.04.2014).
3. Гаврилов К.А. Социологическая реконструкция основных подходов к концептуализации восприятия риска: автореф. дис. ... канд. соц. наук // Официальный сайт ИС РАН. – URL: <http://www.isras.ru/publ.html?id=534> (дата обращения: 28.03.2014)
4. Елохин А.Н., Елохин А.А. Проблема выбора критериев приемлемого риска // Проблемы анализа риска. – 2004. – Т. 1, № 2. – С. 138–145.
5. Забота о здоровье. Заботятся ли люди о своем здоровье? И кто больше: молодые или пожилые? // Официальный сайт ФОМ. – URL: <http://fom.ru/obshchestvo/10984> (дата обращения: 31.03.2014).
6. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе // Здоровоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 2. – С. 20–24.
7. Кузьмин И.И. Принципы управления риском // Проблемы анализа риска. – 2005. – Т. 2, № 1. – С. 73–93.
8. Мы и наши болезни // Официальный сайт ВЦИОМ. – URL: <http://wciom.ru/index.php?id=459&uid=114331> (дата обращения: 01.04.2014).
9. О штрафах за курение, запрете «курилок» и курения в подъезде. Одобряют ли россияне «антитабачный» законопроект? // Официальный сайт ФОМ. – URL: <http://fom.ru/obshchestvo/10801> (дата обращения: 31.03.2014).
10. Отношение к повышению цен на сигареты // Официальный сайт ФОМ. – URL: <http://fom.ru/obshchestvo/10976> (дата обращения: 01.04.2014).
11. Covello V.T., von Winterfeldt D., Slovic P. Risk Communication: a Review of the Literature // Risk Abstracts. – 1986. – Vol. 3, № 4. – P. 172–182.
12. Dietz T., Scott Frey R., Rosa E. Risk, Technology, and Society // Handbook of Environmental Sociology / Ed. by R.E. Dunlap, W. Michelson. – Westport: Greenwood Press, 1996.
13. Douglas M. Introduction to Grid/Group Analysis // Essays in the Sociology of Perception / Ed. By M. Douglas. Routledge and Kegan Paul. – London, 1982.
14. Douglas M., Wildavsky A. Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers. – Berkeley and Los Angeles: Univ. of California Press, 1982
15. Eysenbach G. Medicine 2.0: social networking, collaboration, participation, apomediation, and openness // Journal of medical internet research. – 2008. – № 10(3).
16. Fischhoff B. Risk Perception and Communication Unplugged: Twenty Years of Process // Risk Analysis. – 1995. – Vol. 15, № 2. – P. 137–145.
17. Lasswell G. Propaganda, Communication and Public Order. – Princeton, 1946.

18. Leiss W. Effective Risk Communication Practice // *Toxicology Letters*. – 2004. – Vol. 149, № 1–3. – P. 399–404.
19. Sandman P. Responding to community outrage: strategies for effective risk communication. 1993.
20. Thompson M., Ellis R., Wildavsky A. *Cultural Theory*. – Boulder, Colorado: Westview, 1990. – P. 63.
21. Tulloch J., Lupton D. *Risk and Everyday Life*. – London: Sage Publications, 2003.
22. Wasko J., Mosko V. *Political economy of information*. – Madison, 1988.

## References

1. «Antitabachnyj zakonoproekt» [Anti-smoking draft law]. *Oficial'nyj sajt FOM*. Available at: <http://fom.ru/obshchestvo/10679>.
2. Antitabachnyj zakon: ocenka i posledstvija [Anti-smoking law: assessment and implications]. *Oficial'nyj sajt VCIOM*. Available at: <http://wciom.ru/index.php?id=459&uid=113670>.
3. Gavrilov K.A. Sociologicheskaja rekonstrukcija osnovnyh podhodov k konceptualizacii vosprijatija riska: avtoref. diss. kand. soc. n. [Sociological reconstruction of the main approaches to the conceptualization of risk perception: abstract of a candidate's thesis in social sciences]. *Oficial'nyj sajt IS RAN*. Available at: <http://www.isras.ru/publ.html?id=534>.
4. Elohin A.N., Elohin A.A. Problema vybora kriteriev priemlegogo riska [Problem of selecting criteria of acceptable risk]. *Problemy analiza riska*, 2004, vol. 1, no. 2, pp. 138–145.
5. Zabota o zdorov'e. Zabotjatsja li ljudi o svoem zdorov'e? I kto bol'she: molodye ili pozhilye? [Health care. Do people care about their health? And who cares more: young or old people?]. *Oficial'nyj sajt FOM*. Available at: <http://fom.ru/obshchestvo/10984>.
6. Zajceva N.V., Maj I.V., Shur P.Z. Analiz riska zdorov'ju naselenija na sovremennom jetape [Analysis of health risk at the present stage]. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*, 2013, no. 2, pp. 20–24.
7. Kuz'min, I.I. Principy upravlenija riskom [Principles of risk management]. *Problemy analiza riska*, 2005, vol. 2, no. 1, pp. 73–93.
8. My i nashi bolezni [We and our diseases]. *Oficial'nyj sajt VCIOM*. Available at: <http://wciom.ru/index.php?id=459&uid=114331>.
9. O shtrafah za kurenje, zaprete «kurilok» i kurenija v pod#ezde. Odobrajut li rossijane «antitabachnyj» zakonoproekt? [On the fines for smoking, ban of “smoking rooms” and smoking in the staircase. Do Russians approve of “anti-smoking” draft law?]. *Oficial'nyj sajt FOM*. Available at: <http://fom.ru/obshchestvo/10801>.
10. Otnoshenie k povysheniju cen na sigarety [Stance on cigarette price increase]. *Oficial'nyj sajt FOM*. Available at: <http://fom.ru/obshchestvo/10976>.
11. Covello V.T., von Winterfeldt, D., Slovic, P. Risk Communication: a Review of the Literature. *Risk Abstracts*, 1986, vol. 3, no. 4, pp. 172–182.
12. Dietz T., Scott Frey R., and Rosa E. Risk, Technology, and Society. *Handbook of Environmental Sociology*. Ed. by R.E. Dunlap, W. Michelson. Westport: Greenwood Press, 1996.
13. Douglas M. Introduction to Grid/Group Analysis. *Essays in the Sociology of Perception*. Ed. By M. Douglas. Routledge and Kegan Paul, London, 1982.
14. Douglas M., Wildavsky A. *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. Berkeley and Los Angeles: Univ. of California Press, 1982.
15. Eysenbach G. Medicine 2.0: social networking, collaboration, participation, apomediation, and openness. *Journal of medical internet research*, 2008, vol. 10 (3).
16. Fischhoff B. Risk Perception and Communication Unplugged: Twenty Years of Process. *Risk Analysis*, 1995, vol. 15, no. 2, pp. 137–145.
17. Lasswell G. *Propaganda, Communication and Public Order*. Princeton, 1946.
18. Leiss W. Effective Risk Communication Practice. *Toxicology Letters*, 2004, vol. 149, no. 1–3, pp. 399–404.
19. Sandman P. Responding to community outrage: strategies for effective risk communication. 1993.
20. Thompson M., Ellis R., Wildavsky A. *Cultural Theory*. Boulder, Colorado: Westview, 1990, p. 63.
21. Tulloch J., Lupton, D. *Risk and Everyday Life*. London: Sage Publications, 2003.
22. Wasko, J., Mosko V. *Political economy of information*. Madison, 1988.

## RISK-COMMUNICATIONS AS AN INSTRUMENT FOR PUBLIC HEALTH MANAGEMENT

**N.A. Lebedeva-Nesevrya**

Federal Budget Institution of Science “Federal Scientific Center of Medical and Preventive Technologies for Public Health Risk Management”, Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya St., 614045

The article describes the necessity of interpretation of the risk-communication in the field of public health as a method of information provision between concerned parties who are equal participants of the dialogue. The article offers the values and the health risk levels as well as their decreasing methods. The key parties of risk-communication are: a) expert community; b) decision-makers; c) population; d) mass media; and e) non-profit-making organizations.

**Key words:** risk, health, communication, provision of information.

---

© Lebedeva-Nesevrya N.A., 2014

**Lebedeva-Nesevrya Nataliya Aleksandrovna** – Candidate of sociological sciences, Head of social risk analysis laboratory (e-mail: natnes@list.ru; tel.: 8(342) 237-25-47).

УДК 614.7, 613.5

## ВЛИЯНИЕ РАДОНОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ДЕТСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ НА РАДИАЦИОННЫЙ РИСК ПРИ ОБЛУЧЕНИИ РАДОНОМ (НА ПРИМЕРЕ ОДНОЙ ИЗ ШКОЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

**Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановская**

ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, 8

Представлены краткие сведения о современных подходах к оценке риска возникновения радон-индуцированного рака легкого при облучении населения радоном и его короткоживущими дочерними продуктами распада в жилых и общественных зданиях. Особое внимание обращено на важность проведения радонозащитных мероприятий в детских школьных и дошкольных образовательных учреждениях. В качестве примера использования моделей оценки риска как инструмента оценки эффективности проведенных мероприятий приведены результаты расчета по модели FCZ пожизненного атрибутивного риска до и после осуществления радонозащиты в здании одной из школ Санкт-Петербурга.

**Ключевые слова:** радон, рак легкого, модель, оценка радиационного риска, пожизненный атрибутивный риск, радонозащитные мероприятия.

В конце 80-х гг. XX в. Всемирная организация здравоохранения и Международное агентство по изучению рака классифицировали радон и его короткоживущие дочерние продукты распада (ДПР) как канцерогенный фактор окружающей среды для легких человека [13, 17], основываясь на неоспоримых доказательствах, полученных в экспериментальных исследованиях на лабораторных животных и в эпидемиологических исследованиях среди шахтеров урановых рудников. В 1999 г. Национальная академия наук США выпустила доклад «BEIR VI» [11], в котором был сделан вывод о том, что радон в воздухе помещений является второй по значимости причиной возникновения рака легкого после табакокурения.

К концу XX в. на основе результатов объединенных эпидемиологических исследований когорт шахтеров урановых и некоторых других рудников был разработан ряд

моделей оценки риска возникновения радон-индуцированного рака легкого, которые, в соответствии с рекомендациями Публикации 65 (1993) Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) [3, 18] имели мультипликативную форму (т.е. вероятность возникновения радиационно-индуцированного рака зависит от фонового уровня возникновения рака данной локализации в популяции). Однако в течение последних 20 лет продолжались дискуссии о применимости этих моделей для оценки риска при облучении радоном в жилых и общественных зданиях. В начале 2000-х гг. были опубликованы результаты нескольких объединенных эпидемиологических исследований связи облучения людей радоном в жилищах с раком легкого методом «случай–контроль», начатых еще в конце 1980-х гг. [10, 19–22], а также нескольких объединенных эпидемиологических исследований среди шахтеров с относительно низкими

---

© Кононенко Д.В., Кормановская Т.А., 2014

**Кононенко Дмитрий Викторович** – младший научный сотрудник (e-mail: belovlas@yandex.ru; тел.: 8(812)232-43-29).

**Кормановская Татьяна Анатольевна** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией (e-mail: f4dos@mail.ru; тел.: 8(812)232-74-63).

уровнями суммарной экспозиции [15, 16, 23, 25]. Эти результаты были тщательно проанализированы специально созданной в 2005 г. Рабочей группой МКРЗ, и в ноябре 2009 г. Комиссия одобрила «Заявление по радону», а в 2010 г. была выпущена Публикация 115 [7, 12], в которой подтверждается, что дополнительный абсолютный риск возникновения рака легкого, обусловленный радоном и его ДПР, рассчитанный для облучения в жилищах, сопоставим с оценками, полученными для шахтеров при низких уровнях экспозиции. Кроме того, в Публикации подтверждается, что доказательства повышенного риска для населения, облучающегося при эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона даже менее  $100 \text{ Бк/м}^3$ , являются убедительными и неоспоримыми.

За 12 лет работы в рамках функционирования Единой системы контроля и учета доз облучения и формирования с 2001 г. «Федерального банка данных по дозам облучения населения РФ за счет природного и техногенно измененного радиационного фона» собран уникальный массив информации об уровнях содержания радона и его ДПР в воздухе жилых зданий, причем география этих данных очень широка и охватывает практически все регионы РФ. По данным за 2001–2012 гг. [2] в России насчитывается 5 регионов, в которых средние индивидуальные годовые эффективные дозы облучения населения природными источниками ионизирующего излучения являются повышенными (находятся в интервале от 5 до  $10 \text{ мЗв/год}$ ): Республика Алтай, Республика Тыва, Ставропольский край, Забайкальский край и Еврейская АО. При этом более 60 % дозы обусловлено ингаляционным поступлением изотопов радона и его ДПР. Несмотря на то что средние дозы в других регионах не являются повышенными, на их территории выявляются группы населения, для которых доза за счет радона может значительно превышать среднюю по региону, а также географические районы и микрорайоны, характеризующие-

ся повышенной радоноопасностью. К числу таких регионов относится и Санкт-Петербург: при среднем значении ЭРОА радона в воздухе жилых зданий на территории всего города около  $21 \text{ Бк/м}^3$  [6], в ряде районов в некоторых зданиях значение этого показателя достигает нескольких сотен и даже тысяч  $\text{Бк/м}^3$ , что превышает установленный норматив в десятки раз. Это, например, Красносельский и Пушкинский районы, где основным источником поступления радона в здания являются подстилающие породы с повышенным содержанием урана и радия – это дикиониевые сланцы с содержанием урана выше фонового в 10–100 раз, которые выходят на поверхность или располагаются в непосредственной близости от земной поверхности [1].

Одним из таких зданий является Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение школа-интернат №289 Красносельского района в пос. Можайский, в которой значительные превышения норматива по ЭРОА радона были выявлены в 2001 г. В течение 2002–2006 гг. в здании было проведено несколько этапов радонозащитных мероприятий, в результате чего ситуацию удалось нормализовать. Специалисты ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» осуществляли измерительное и экспертное сопровождение всех этапов проведения радонозащитных мероприятий, а также разрабатывали план инженерно-строительных мероприятий заключительного этапа, которые внесли основной вклад в нормализацию обстановки.

**Материалы и методы.** В Публикации 115 МКРЗ отдается предпочтение моделям оценки риска возникновения радониндуцированного рака легкого, разработанным по результатам объединенных анализов (а не отдельных исследований), в частности, франко-чешской объединенной модели (FCZ). Эта модель, структура которой описана в публикациях [15, 24], использовалась нами для оценки пожизненного атри-

бутивного риска (LAR), представляющего собой долю радониндуцированных случаев смерти от рака легкого. Методика расчета данного показателя описана в ряде публикаций, например [14]. Также в расчетах был учтен пятилетний латентный период в развитии рака легкого.

Необходимое для расчетов половозрастное распределение грубых показателей смертности от рака легкого, вызванного всеми причинами, получено с использованием половозрастного распределения числа смертей от рака данной локализации и соответствующего распределения общей численности населения города по методике, описанной в пособии [9]. Источником исходных данных послужили справочник «Злокачественные новообразования в России в 2009 г. (заболеваемость и смертность)» [4] и Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [5]. Кроме того, для расчета экспозиции использовались значения максимальной допустимой недельной образовательной нагрузки в различных классах школы, приведенные в СанПиН 2.4.2.2821-10 [8].

Для расчета кумулятивной экспозиции радоном и его ДПР была рассмотрена ситуация равномерного пожизненного облучения при средней по всему городу ЭРОА радона, равной  $20,6 \text{ Бк/м}^3$  [6], за исключением 11 лет обучения в школе, когда часть времени, соответствующую конкретному возрасту, ребенок находился в более насыщенной радоном атмосфере. Исходными данными для оценки ЭРОА радона в помещениях школы в период до и после осуществления радонозащитных мероприятий послужили результаты более тысячи измерений, проведенных с 2003 по 2012 г. мгновенными, квазиинтегральными и интегральными методами во все месяцы года, что обеспечивает корректную оценку среднегодового значения данного показателя, имеющего значительную сезонную вариабельность. Согласно общепринятым в мировом научном сообществе взглядам [25], распределение значений ЭРОА радона подчиняется логнормальному закону. Поэтому в качестве среднего значения используется

медиана. Характеристики массива данных и параметры логнормального распределения представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Характеристика массива данных

Параметр	Значение
<i>До проведения радонозащитных мероприятий</i>	
Количество измерений	501
Медиана, $\text{Бк/м}^3$	231
Геометрическое стандартное отклонение $\sigma_g$	2,4
<i>После проведения радонозащитных мероприятий</i>	
Количество измерений	504
Медиана, $\text{Бк/м}^3$	110
Геометрическое стандартное отклонение $\sigma_g$	3,1

**Результаты и их обсуждение.** Расчеты по модели FCZ на основе вышеописанных данных были проведены отдельно для мужской и женской популяций для двух сценариев облучения: 11 лет обучения в школе приходилось на период времени до и после проведения радонозащитных мероприятий. Результаты оценки пожизненного атрибутивного риска представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты оценки пожизненного атрибутивного риска

Параметр	LAR, %
<i>До проведения радонозащитных мероприятий</i>	
Мужчины	22,5
Женщины	0,4
<i>После проведения радонозащитных мероприятий</i>	
Мужчины	19,4
Женщины	0,3

Как видно из табл. 2, достигнутое в результате проведения радонозащитных мероприятий снижение ЭРОА радона более чем в 2 раза привело к тому, что доля радониндуцированных случаев смерти от рака легкого для мужчин снизилась на 3,1%. Для женщин этот эффект не столь заметен, но это объясняется значительной разницей в показателях смертности от рака легкого, вызванного всеми причинами, для мужчин и женщин. Согласно статистическим данным [4], в структуре заболеваемости злока-

чественными новообразованиями мужского населения России опухоли трахеи, бронхов, легкого занимают первое место (19,9 % всех случаев), тогда как для женского населения – только десятое (3,9 %). Важность осуществления радонозащитных мероприятий будет еще более очевидна, если провести более глубокую детализацию сценария облучения: дети, проживающие в пос. Можайский, перед поступлением в школу посещают расположенный рядом с ней детский сад, в котором также были выявлены уровни ЭРОА радона, превышающие установленный норматив, причем годовое время пребывания детей в помещениях детского сада может в 2–4 раза превышать таковое в помещениях школы. Немаловажным представляется также фактор уменьшения канцерогенной восприимчивости ткани легких с увеличением достигнутого возраста. Кроме того, отдельный сценарий должен применяться и для оценки рисков для сотрудников школы.

**Выводы.** Внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радона

и его ДПР вносит основной вклад в индивидуальную годовую эффективную дозу облучения населения РФ. Выявление групп населения, проживающих, работающих или учащихся при уровнях ЭРОА радона, значительно превышающих установленный норматив, и дальнейшее осуществление мероприятий, направленных на нормализацию обстановки, – это один из важных путей обеспечения радиационной безопасности населения России. Проведение радонозащитных мероприятий в детских школьных и дошкольных образовательных учреждениях представляется еще более важным, учитывая более высокую канцерогенную восприимчивость ткани легких у детей по сравнению со взрослыми. Методы расчета рисков при этом являются современным инструментом оценки эффективности проведенных мероприятий, поскольку позволяют дополнить обычную в таких случаях оценку снижения прямого показателя радиационной безопасности (ЭРОА радона) долгосрочным прогнозом последствий, а именно уменьшением количества радониндуцированных случаев смерти от рака легкого.

### Список литературы

1. Балахонова А.С. Рениевое оруденение в диктионемовых сланцах Прибалтийского бассейна (Ленинградская область): дис. ... канд. геол.-мин. наук. – СПб., 2014. – 125 с.
2. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2012 году: информационный сборник. – СПб, 2013. – 67 с.
3. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах: Публикация 65 МКРЗ: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 68 с.
4. Злокачественные новообразования в России в 2009 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Минздравсоцразвития России», 2011. – 260 с.
5. ЕМИСС – Единая межведомственная информационно-статистическая система. Введена в эксплуатацию совместным приказом Минкомсвязи России и Росстата № 318/461 от 16.11.2011 г. – URL: <http://www.fedstat.ru/indicators/start.do> (дата обращения: 27.01.2014).
6. Кононенко Д.В. Оценка радиационного риска для населения Санкт-Петербурга при облучении радоном // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 1. – С. 31–37.
7. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада: заявление по радону / под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина // Перевод публикации 115 МКРЗ. – М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2013. – 92 с.
8. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях (СанПиН 2.4.2.2821–10) / утв. 29.12.2010 г., введены в действие 01.09.2011 г. – М., 2011.
9. Характеристика и методы расчета статистических показателей, применяемых в онкологии / Г.В. Петрова, О.П. Грецова, В.В. Старинский [и др.]. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2005. – 39 с.
10. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer / D. Krewski, J.H. Lubin, J.M. Zielinski [et al.] // J. Toxicol. Environ. Health Part A. – 2006. – Vol. 69 (7). – P. 533–597.
11. Health Effects of Exposure to Radon (BEIR VI). National Academy Press. – Washington, D.C., 1999.

12. ICRP, 2010. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115, Ann. ICRP. – 2010. – Vol. 40 (1).
13. Indoor air quality research: Report on a WHO meeting, 27-31 August 1984, Stockholm // World Health Organization. – Copenhagen, 1986.
14. Kellerer A.M. On the conversion of solid cancer excess relative risk into lifetime attributable risk // *Radiat. Environ. Biophys.* – 2001. – Vol. 40. – P. 249–457.
15. Lung cancer in French and Czech Uranium Miners: Radon-Associated Risk at Low Exposure Rates and Modifying Effects of Time since Exposure and Age at Exposure / L. Tomášek, A. Rogel, M. Tirmarche [et al.] // *Radiat. Res.* – 2008. – Vol. 169. – P. 125–137.
16. Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946-1998 / B. Grosche, M. Kreuzer, M. Kreisheimer, M. Schnelzer, A. Tschense // *Br. J. Cancer.* – 2006. – Vol. 95. – P. 1280–1287.
17. Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Man-made fibres and radon // International Agency for Research on Cancer. – Lyon, IARC 43, 1988.
18. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65, Ann. ICRP 23 (2). – Oxford: Pergamon Press, 1993.
19. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies / S. Darby, D. Hill, A. Auvinen et al. // *Br. Med. J.* – 2005. – Vol. 330. – P. 223–227.
20. Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 subjects with lung cancer and 14208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe / S. Darby, D. Hill, H. Deo [et al.] // *Scand. J. Work Environ. Health* – 2006. – Health 32 (Suppl. 1). – P. 1–84.
21. Residential radon and risk of lung cancer. A combined analysis of 7 North American case-control studies / D. Krewski, J.H. Lubin, J.M. Zielinski [et al.] // *Epidemiology.* – 2005. – Vol. 16. – P. 137–145.
22. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies / J.H. Lubin, Z.Y. Wang, J.D. Boice Jr. [et al.] // *Int. J. Cancer.* – 2004. – Vol. 109. – P. 132–137.
23. Tirmarche M. Quantification of Lung Cancer Risk After Low Radon Exposure and Low Exposure Rate: Synthesis from Epidemiological and Experimental Data // Final Scientific Report, February 2000 – July 2003. Contract FIGH-CT1999-0013. European Commission DG XI. – Brussels, 2003.
24. Tomášek L. Dose conversion of radon exposure according to new epidemiological findings / L. Tomášek, A. Rogel, M. Tirmarche [et al.] // *Radiat. Prot. Dosim.* – 2008. – Vol. 130. – P. 98–100.
25. UNSCEAR, 2009. UNSCEAR 2006 Report, Annex E “Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces”. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. – New York: United Nations, 2009.

## References

1. Balahonova A.S. Renievoe orudenenie v diktionemovyh slancah Pribaltijskogo bassejna (Leningradskaja oblast'): dis. ... kand. geol.-min. nauk [Rhenium mineralization in the Baltic Region dictyonema oil shale (Leningrad region): thesis ... cand. of Geology and Mineralogy]. St. Petersburg., 2014. 125 p.
2. Informacionnyj sbornik: «Dozy obluchenija naselenija Rossijskoj Federacii v 2012 godu» [Information collection: “Radiation doses of the population of the Russian Federation in 2012”]. St. Petersburg, 2013. 67 p.
3. Zashhita ot radona-222 v zhilyh zdaniyah i na rabochih mestah. [Protection against radon-222 in residential buildings and workplaces]. *ICRP Publication 65*. Transl. from English. Moscow: Energoatomizdat, 1995. 68 p.
4. Zlokachestvennye novoobrazovanija v Rossii v 2009 godu (zabolevaemost' i smertnost') [Malignancies in Russia in 2009 (morbidity and mortality)] ed.by V.I. Chissov, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: FGU «MNIIOI im. P.A. Gercena Minzdravsocrazvitija Rossii», 2011. 260 p.
5. EMISS – Edinaja mezhvedomstvennaja informacionno-statisticheskaja sistema. Vvedena v jekspluataciju sovmestnym prikazom Minkomsvjazi Rossii i Rosstata ot 16.11.2011 g. № 318/461 [UIISS - United interagency information and statistical system. Commissioned by the joint order of the Russian Ministry of Communications and Federal State Statistics Service dated 16.11.2011, № 318/461]. Available at: <http://www.fedstat.ru/indicators/start.do>.
6. Kononenko D.V. Ocenka radiacionnogo riska dlja naselenija Sankt-Peterburga pri obluchenii radonom [Evaluation of radiation risk for the population of St. Petersburg with radon exposure]. *Radiacionnaja gigiena*, 2013, vol. 6, no. 1, pp. 31–37.
7. Risk vozniknovenija raka legkogo pri obluchenii radonom i produktami ego raspada. Zajavlenie po radonu [Risk of lung cancer with exposure to radon and its decay products. Statement on radon]. ed. by M.V. Zhukovsky, S.M. Kiselev, A.T. Gubin. *Perevod publikacii 115 MKRZ*, Moscow: Izd-vo «FGBU GNC FMBC im. A.I. Burnazjana FMBA Rossii», 2013. 92 p.

8. Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovanija k uslovijam i organizacii obuchenija v obsheobrazovatel'nyh uchrezhdenijah (SanPiN 2.4.2.2821-10) [Sanitary and epidemiological requirements for the organization and training in educational institutions (SanPiN 2.4.2.2821-10)]. Utv. 29.12.2010 g., vvedeny v dejstvie 01.09.2011 g.
9. Petrova G.V., O.P. Grecova, V.V. Starinskij i dr. Harakteristika i metody rascheta statisticheskikh pokazatelej, primenjaemyh v onkologii [Characteristics and methods of calculation of statistical indicators used in oncology]. Moscow: MNIOI im. P.A. Gercena, 2005. 39 p.
10. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M., et al. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J. Toxicol. Environ. Health Part A* 69 (7), pp. 533–597.
11. NAS (National Academy of Sciences). Health Effects of Exposure to Radon (BEIR VI). National Academy Press, Washington, D.C., 1999.
12. ICRP, 2010. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115, Ann. ICRP 40 (1).
13. WHO, 1986. Indoor air quality research: Report on a WHO meeting, 27–31 August 1984, Stockholm. *World Health Organization*, Copenhagen, 1986.
14. Kellerer A.M. On the conversion of solid cancer excess relative risk into lifetime attributable risk. *Radiat. Environ. Biophys*, 2001, no. 40, pp. 249–457.
15. Grosche B., Kreuzer M., Kreisheimer M., Schnelzer M., Tschense A. Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946–1998. *Br. J. Cancer*, 2006, no. 95, pp. 1280–1287.
16. Tomášek L., Rogel A., Tirmarche M., et al. Lung cancer in French and Czech Uranium Miners: Radon-Associated Risk at Low Exposure Rates and Modifying Effects of Time since Exposure and Age at Exposure. *Radiat. Res.*, 2008, no. 169, pp. 125–137.
17. IARC, 1988. Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Man-made fibres and radon. *International Agency for Research on Cancer*, Lyon, IARC 43, 1988.
18. ICRP, 1993. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. *ICRP Publication 65*, Ann. ICRP 23 (2). Pergamon Press, Oxford, 1993.
19. Darby S., Hill D., Auvinen A. et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *Br. Med. J.*, 2005, vol. 330, pp. 223–227.
20. Darby S. Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 subjects with lung cancer and 14208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe / S. Darby, D. Hill, H. Deo et al. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2006, vol. 32 (Suppl 1), pp. 1–84.
21. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. et al. Residential radon and risk of lung cancer. A combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology*, 2005, vol. 16, pp. 137–145.
22. Lubin J.H., Wang, Z.Y., Boice Jr., J.D., et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int. J. Cancer*, 2004, no. 109, pp. 132–137.
23. Tirmarche M. Quantification of Lung Cancer Risk After Low Radon Exposure and Low Exposure Rate: Synthesis from Epidemiological and Experimental Data. Final Scientific Report, February 2000 – July 2003. Contract FIGH-CT1999-0013. European Commission DG XI, Brussels, 2003.
24. Tomášek L., Rogel A., Tirmarche M., et al. Dose conversion of radon exposure according to new epidemiological findings. *Radiat. Prot. Dosim*, 2008, no. 130, pp. 98–100.
25. UNSCEAR, 2009. UNSCEAR 2006 Report, Annex E “Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces”. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York, 2009.

## **INFLUENCE OF RADON PROTECTING MEASURES IN CHILDREN EDUCATIONAL INSTITUTIONS ON THE RADIATION RISK EXPOSURE TO RADON (AN EXAMPLE OF ONE OF THE SCHOOLS IN ST. PETERSBURG)**

**D.V. Kononenko, T.A. Kormanovskaya**

Federal Budget Scientific Institution "St. Petersburg research institute of radiation hygiene named after professor P.V.Ramzaev", Russian Federation, St. Petersburg, 8 Mira St., 197101

The article presents summary information about modern approaches to risk assessment of radon-induced lung cancer caused by exposure to radon of the population and by radon's short-lived daughter decomposition products in residential and public buildings. It is pointed out on the importance of radon-protecting measures in children's school and pre-school institutions. As the example for applying of risk assessment models as an instrument for the effectiveness of implemented measures, the results of calculation of life-long attributive risk before and after radon protection in one of the school of St. Petersburg have been introduced.

**Key words:** radon, lung cancer, model, assessment of radiation risk, life-long attributive risk, radon-protecting measures.

---

© Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., 2014

**Kononenko Dmitry Viktorovich** – Junior research assistant (e-mail: belovlas@yandex.ru; tel.: 8(812)232-43-29).

**Kormanovskaya Tatyana Anatolievna** – Candidate of biological sciences, head of laboratory (e-mail: f4dos@mail.ru; tel.: 8(812)232-74-63).

УДК 616-008

## ОСОБЕННОСТИ ЭНДОКРИННЫХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО РИСКА ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕНЗОЛА, ФЕНОЛА И БЕЗ(А)ПИРЕНА

К.П. Лужецкий<sup>1,2</sup>, О.Ю. Устинова<sup>1,2</sup>, О.А. Маклакова<sup>1,2</sup>, Л.Н. Палагина<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Проведено изучение распространенности эндокринных заболеваний у детей, проживающих в условиях высокого риска ингаляционного воздействия химических техногенных факторов крупного промышленного центра. В условиях высокого риска хронического аэрогенного воздействия бензола, фенола и бенз(а)пирена нарушения тиреоидного гомеостаза, углеводного и жирового обмена (эндемический зоб (E04.9), избыточное питание (E67.8) и ожирение (E66.0)) диагностировались в 1,3–2,0 раза чаще, чем в группе сравнения. Доказана связь формирования эндокринных нарушений у детей с повышенным содержанием в крови бензола, фенола и бенз(а)пирена. У детей, проживающих в районах химического загрязнения атмосферного воздуха веществами, оказывающими воздействие на гормоногенез, и легкого йоддефицита, выявлен сниженный уровень йодного обеспечения, изменения структуры и объема щитовидной железы в 1,7–2,4 раза чаще, чем в группе сравнения.

**Ключевые слова:** дети, эндокринные нарушения, бензол, фенол, бенз(а)пирен.

Среди химических техногенных факторов, формирующих загрязнение крупного промышленного города, наиболее серьезную угрозу для формирования эндокринной патологии, нарушений гормоногенеза и процессов развития при хроническом ингаляционном воздействии представляют органические соединения (бензол, фенол, бенз(а)пирен) на фоне дефицита эссенциальных микроэлементов (йод, цинк) [2, 4–6].

Воздействие химических веществ, негативно влияющих на органы эндокринной системы, вносит существенный вклад в развитие заболеваний щитовидной железы, нарушений обмена веществ и ожирение, формирование отклонений в физическом и нервно-психическом развитии детей, сни-

жение их интеллектуальных способностей, повышение уровня заболеваемости и, как следствие, ухудшение показателей качества жизни и здоровья нации [1, 3–8].

Вместе с тем ранее выполненные исследования не в полном объеме характеризуют клинические особенности развития эндокринных нарушений у детей, проживающих в условиях высокого риска ингаляционного воздействия химических техногенных факторов крупного промышленного центра.

**Цель исследования** – выявить особенности эндокринных нарушений у детей, проживающих в условиях высокого риска ингаляционного воздействия химических техногенных факторов (бензола, фенола и бенз(а)пирена).

---

© Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Маклакова О.А., Палагина Л.Н., 2014

**Лужецкий Константин Петрович** – кандидат медицинских наук, заведующий клиникой экзозависимой и производственно обусловленной патологии (e-mail: nemo@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-80-98).

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

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

**Палагина Лариса Николаевна** – детский врач-эндокринолог (e-mail: root@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34).

**Материалы и методы.** Проведено лабораторное, химико-аналитическое и функциональное обследование детского населения, проживающего в крупном промышленном городе с превышением в атмосферном воздухе содержания бензола, фенола и бенз(а)пирена до 4,1/1,35 ПДК<sub>мр</sub>/ПДК<sub>сс</sub>. Группу наблюдения составили 190 детей в возрасте 3–7 лет ( $5,4 \pm 0,26$  г.), 45,8 % всех обследованных – мальчики (87) и 54,2 % – девочки (103). В зависимости от коэффициентов опасности ( $HQ$ ), формируемых аэрогенным поступлением органических соединений (фенол, бензол и бенз(а)пирена), все обследованные дети были разделены на группы: 92 человека, проживавших на границе промышленного района ( $HQ$  0,23–0,61–0,79), – группа наблюдения 1; 98 детей, проживавших в районе промышленного центра ( $HQ$  0,24–1,7–1,45), – группа наблюдения 2.

Группу сравнения составили 94 ребенка в возрасте 3–7 лет ( $5,5 \pm 0,09$  г.), проживавших в условно чистом районе города ( $HQ$  0,09–0,43–0,94), при этом 43,6 % всех обследованных детей – мальчики (41) и 56,4 % – девочки (53). Исследованные территории относятся к районам с легким уровнем йодного дефицита.

Для выявления особенностей нарушений эндокринной системы, гормоногенеза и процессов развития у детей было проведено углубленное клинико-лабораторное обследование, которое включало:

- 1) анализ медицинских карт (форма № 026/у-2000), результатов углубленного осмотра врачами-специалистами (педиатр, эндокринолог);
- 2) оценку тиреоидного гомеостаза (ТТГ, Т4 свободный, антитела к ТПО в крови) методом иммуноферментного анализа;
- 3) определение уровня экскреции йода с мочой в разовой порции мочи церий-арсенидовым методом (O. Wawschinek, 1985);
- 4) ультразвуковое сканирование щитовидной железы (положение, размеры, объем, визуальная оценка внешних контуров железы, экзогенности ткани и ее экоструктуры, оценка характера кровоснабжения железы) проводилось по стандартной мето-

дике на аппарате экспертного класса Toshiba VIAMO (Япония) с использованием линейного мультиточечного датчика.

Определение уровня цинка в крови осуществлялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на спектрофотометре PERKIN-ELMER-3110 с атомизацией в пламени; бенз(а)пирена – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, бензола и фенола – методом капиллярной газовой хроматографии и парафазного анализа с использованием аппаратно-программного комплекса «Хроматэк-Кристалл-5000».

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха на территориях проживания детей проводилась на основании результатов натуральных исследований, проведенных в период 2008–2012 гг. и сформированных в виде массива максимально разовых/среднесуточных концентраций ( $mg/m^3$ ).

Оценка риска здоровью населения осуществлялась в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

Для установления причинно-следственных связей между химическими техногенными соединениями (фенол, бензол, бенз(а)пирен), поступающими с атмосферным воздухом, и развитием у детей нарушений функций эндокринной системы, характерных клинических синдромов и функциональных нарушений было выполнено математическое моделирование, включающее анализ вероятности регистрации анализируемых показателей при возрастании концентрации химических веществ в крови.

Обработка результатов исследований осуществлялась с помощью параметрических методов вариационной статистики (критерии Фишера и Стьюдента). Для оценки различий в значении параметра между малыми выборками использован непараметрический метод Манна–Уитни (Mann–Whitney  $U$ -test).

**Результаты и их обсуждение.** Анализ качества атмосферного воздуха по данным

натурных исследований содержания химических веществ показал наличие нарушений гигиенических нормативов (ПДК<sub>мр/сс</sub>) на всех исследуемых территориях. При этом в атмосферном воздухе районов наблюдения, находящихся в зоне влияния промышленных объектов, содержание бенз(а)пирена, фенола и бензола в 1,35–4,1 раза превышало ( $p \leq 0,05$ ) предельно допустимые концентрации (ПДК<sub>мр/сс</sub>) (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации химических веществ в атмосферном воздухе промышленного центра в 2008–2012 гг. по данным натурных замеров, доли ПДК<sub>мр</sub>/ПДК<sub>сс</sub>

Вещество / район	Территория групп наблюдения	
	1	2
Бензол	1,4 / 0,25	–
Фенол	4,1 / 0,67	3,7 / 0,96
Бенз(а)пирен	– / 0,77	– / 1,35

По результатам экстраполяции данных натурных исследований и аппроксимации натурных и расчетных данных загрязнения атмосферного воздуха на точки проживания детского населения установлено наличие неприемлемого хронического риска нарушения здоровья детей при воздействии бенз(а)пирена и бензола до 1,7 (*HQ*) (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициентов опасности (*HQ*) в условиях хронического аэрогенного поступления загрязняющих веществ в районах промышленного центра по данным натурных исследований/аппроксимации натурных и расчетных данных

Вещество/район	Группа наблюдения		Группа сравнения
	1	2	
Бензол	0,78 / 0,61	– / 1,70	– / 0,43
Фенол	0,33 / 0,23	0,50 / 0,32	– / 0,09
Бенз(а)пирен	0,75 / 0,79	1,45 / 1,45	– / 0,94

Воздействие исследованных веществ (бензол, фенол, бенз(а)пирен) формировало индексы опасности для эндокринной системы и гормоногенеза на уровне 1,7–2,38 (*HI*), нарушений процессов развития – 2,23–4,04 (*HI*) (табл. 3).

Таблица 3

Значения индексов опасности (*HI*) для гормоногенеза и процессов развития при хроническом аэрогенном поступлении загрязняющих веществ в районах промышленного центра

Критические органы и системы	Группа наблюдения		Группа сравнения
	1	2	
Эндокринная система и гормоногенез	1,70	2,38	1,36
Процессы развития	2,23	4,04	1,56

Анализ результатов оценки риска показал, что суммарный индекс опасности (*HI*) для эндокринной системы и процессов развития в зонах загрязнения в среднем в 1,3–2,2 раза выше, чем в зоне сравнения.

В результате проведенных химико-аналитических исследований было установлено, что среднее содержание бензола ( $0,003 \pm 0,001$  мг/дм<sup>3</sup>) в крови детей группы наблюдения 2 в 2,1 раза превышало показатель группы сравнения ( $0,0014 \pm 0,0006$  мг/дм<sup>3</sup>) ( $p < 0,05$ ). Концентрация фенола ( $0,056 \pm 0,02 - 0,07 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup>) в крови детей групп 1, 2 в 1,5–1,8 раза превышала показатель группы сравнения ( $0,038 \pm 0,008$  мг/дм<sup>3</sup>) ( $p < 0,05$ ), в 5,6–7,0 – референтный норматив ( $0,01 \pm 0,037$  мг/дм<sup>3</sup>) ( $p < 0,05$ ). Уровень бенз(а)пирена ( $0,00001$  нг/дм<sup>3</sup>) в группе наблюдения в 2 раза превышал референтный показатель и в 1,6 раза – среднегрупповые значения группы сравнения ( $0,0000061$  нг/дм<sup>3</sup>) ( $p < 0,05$ ). Содержание цинка ( $3,07 \pm 0,13 - 3,32 \pm 0,12$  мг/дм<sup>3</sup>) в крови детей всех исследуемых групп наблюдения в 2,1–2,3 раза было достоверно ниже референтного уровня (табл. 4).

Таблица 4

Содержание химических соединений в крови детей групп исследования, мг/дм<sup>3</sup>,  $M \pm m$ 

Вещество	Референтный уровень	Группа наблюдения		Группа сравнения
		1	2	
Бензол	0,0±0,0	0,0007±0,0006	0,003±0,001 <sup>*,**</sup>	0,0014±0,0006
Фенол	0,01±0,0037	0,056±0,02 <sup>*,**</sup>	0,07±0,01 <sup>*,**</sup>	0,038±0,008
Бенз(а)пирен	0,0±0,0	0,0000012	0,00001 <sup>*,**</sup>	0,0000061
Цинк	7,00±0,014	3,07±0,128 <sup>*,**</sup>	3,32±0,122 <sup>*</sup>	3,19±0,11

Примечание: \* – достоверность различий с референтным уровнем,  $p_1 \leq 0,05$ ; \*\* – достоверность различий с группой сравнения,  $p_2 \leq 0,05$ .

Патология эндокринной системы в общей структуре выявленных заболеваний в группах наблюдения занимала 5-е ранговое место и диагностировалась в 2,0 раза чаще (36,2%), чем в группе сравнения (18,0%,  $p=0,03$ ). Наиболее высокий уровень эндокринной патологии выявлен в группе наблюдения 2 – 36,2% ( $p=0,02$ ).

В качестве приоритетных нозологических форм в группах наблюдения зафиксированы: эндемический зуб (E04.9), избыточное питание (E67.8) и ожирение (E66.0)

у 7,3–10,1%, 6,4–10,9% и 1,0–3,0% обследованных детей, что в 1,3–2,0 раза чаще, чем в группе сравнения ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 5).

У детей, проживающих на территории санитарно-гигиенического неблагополучия, установлена достоверная причинно-следственная связь вероятности развития заболеваний эндокринной системы, избыточного питания при повышенном содержании в крови бензола ( $R^2=0,76$ ;  $p=0,00$ ) и бенз(а)пирена ( $R^2=0,31$ – $0,64$ ;  $p=0,00$ ) (табл. 6).

Таблица 5

Заболевания эндокринной системы у детей исследуемых районов, %

Нозология	Группа наблюдения		Группа сравн.	Достоверность отличия	
	1	2		$p_1$	$p_2$
Эндемический зуб (E04.9)	7,3	10,1	5,8	0,74	0,03
Избыточное питание (E67.8)	6,4	10,9	6,1	0,81	0,04
Пониженное питание (E44.1)	5,2	6,1	2,0	0,03	0,02
Ожирение (E66.0)	1,0	3,0	0,0	0,49	0,03
Высокорослость (E34.4)	3,1	5,1	3,1	0,67	0,05
Низкорослость (E34.3)	2,1	1,0	1,0	0,49	0,49
Всего	25,1	36,2	18,0	0,17	0,02

Примечание:  $p_1$  – достоверность различий группы наблюдения 1 с группой сравнения;  $p_2$  – достоверность различий группы наблюдения 2 с группой сравнения.

Таблица 6

Параметры моделей связи нозологий и классов заболеваний эндокринной системы у детей исследуемых районов с химическими факторами среды обитания

Параметры моделей	$b_0$	$b_1$	$R^2$	$F$	$p$
Бензол – болезни эндокринной системы	-2,759	342,4	0,766	344,87	0,00
Бенз(а)пирен – болезни эндокринной системы	-1,877	655,7	0,312	132,91	0,00
Бенз(а)пирен – избыточное питание (E67.8)	2,644	133,1	0,637	509,66	0,00

Содержание гормонов гипофизарно-тиреоидной системы (ТТГ –  $1,2 \pm 0,2$ – $1,8 \pm 0,1$  мкМЕ/см<sup>3</sup> и Т4 свободного –  $16,4 \pm 1,1$ – $16,6 \pm 0,5$  пмоль/л), антител к ТПО ( $1,9 \pm 0,5$ –

$3,0 \pm 3,6$  МЕ/см<sup>3</sup>) у всех детей находилось в пределах нормативных значений, при этом уровень свободного тироксина в группах наблюдения в 1,2 раза был дос-

товерно ниже такового в группе сравнения –  $18,6 \pm 0,5$  пмоль/л ( $p \leq 0,05$ ). В группе наблюдения 1 выявлен недостаточный уровень йодного обеспечения ( $8,47 \pm 2,2$  мкг/100 см<sup>3</sup>), экскреция йода с мочой снижена в 1,5 раза относительно группы сравнения ( $12,4 \pm 3,5$  мкг/100 см<sup>3</sup>), в 1,2 раза относительно физиологической нормы. При оценке уровня йодного дефицита пониженное содержание йода в моче выявлено у 75,0–90,0 % обследованных при 44,4 % в группе сравнения ( $p = 0,016–0,027$ ) (табл. 7).

В группах наблюдения установлены достоверные причинно-следственные связи вероятности понижения йода в моче при повышенном содержании фенола в крови ( $R^2 = 0,14–0,39$ ,  $F = 12,01–45,53$ ;  $p = 0,000–0,002$ ).

Ультразвуковое исследование щитовидной железы выявило в группах наблюдения изменения структуры и объема органа у 32,6–43,4 % обследованных детей, диффузные изменения структуры щитовидной железы у 28,7–36,7 %, что в 1,7–2,4 раза больше, чем в группе сравнения (16,7–17,9 %,  $p = 0,00–0,079$ ) (табл. 8).

Таблица 7

Результаты исследования гормонального гомеостаза и антител к ТПО ( $M \pm m$ )

Показатель	Норма		Группа наблюдения		Группа сравнения
	Low	High	1	2	
Т4 свободный, пмоль/л	10,0	25,0	$16,6 \pm 0,5^*$	$16,4 \pm 1,1^*$	$18,6 \pm 0,5$
ТТГ, мкМЕ/см <sup>3</sup>	0,3	4,0	$1,4 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,2^*$	$1,6 \pm 0,1$
Антитела к ТПО, МЕ/см <sup>3</sup>	0,0	30,0	$1,9 \pm 0,5$	$3,0 \pm 3,6$	$2,9 \pm 1,0$
Йод в моче, мкг/100см <sup>3</sup>	10,0	50,0	$8,47 \pm 2,2^*$	$10,6 \pm 2,7$	$12,4 \pm 3,5$

Примечание: \* – достоверность различий показателей с группой сравнения ( $p \leq 0,001–0,05$ ).

Таблица 8

Данные ультразвукового исследования щитовидной железы у детей исследуемых районов, %

Нозология	Группа наблюдения		Группа сравнения	Достоверность отличия	
	1	2		$p_1$	$p_2$
Увеличение (пограничный) тиреоидного объема	27,6	33,4	21,8	0,347	0,09
Наличие изменений структуры и объема щитовидной железы	32,6	43,4	16,7	0,012	0,00
Диффузные изменения структуры щ.ж.	28,7	36,7	17,9	0,079	0,004
Нормальная структура щ.ж.	59,4	56,6	80,3	0,00	0,00

Примечание:  $p_1$  – достоверность различий группы наблюдения 1 с группой сравнения;  $p_2$  – достоверность различий группы наблюдения 2 с группой сравнения.

**Выводы.** По результатам проведенного исследования у детей, проживающих в условиях высокого риска хронического аэрогенного воздействия бензола, фенола и бенз(а)пирена, патология эндокринной системы диагностировалась в 2,0 раза чаще (36,2 %), чем в группе сравнения (18,0 %,  $p = 0,02$ ). Доказана достоверная причинно-следственная связь развития заболеваний эндокринной системы и избыточного питания при повышенном содержании в крови

бензола ( $R^2 = 0,76$ ;  $p = 0,00$ ) и бенз(а)пирена ( $R^2 = 0,31–0,64$ ;  $p = 0,00$ ).

Диагностирован сниженный уровень йодного и микроэлементного (цинк) обеспечения (в 1,5 раза относительно группы сравнения снижена экскреция йода с мочой –  $8,5$  мкг/100 см<sup>3</sup>, уровень свободного тироксина в группах наблюдения в 1,2 раза достоверно ниже такового в группе сравнения, содержание цинка в крови в 2,1–2,3 раза ниже референтного уровня), связанный

с воздействием химических струмогенов (снижение экскреции йода при увеличении содержания фенола в крови,  $R^2=0,14-0,39$ ,  $F=12,01-45,53$ ,  $p=0,000-0,002$ ).

Ультразвуковое исследование щитовидной железы выявило в группах наблюдения изменения структуры и объема органа у 27,6–43,4 % обследованных, что в 1,6–2,0 раза больше, чем в группе сравнения (16,7–21,8 %,  $p=0,01-0,05$ ). У детей, имеющих повышенное содержание фенола в крови до 1,5 раза (группа наблюдения 1), диагностировано наличие изменений структуры и объема щитовидной железы у 28,7 %. В группе наблюдения 2 (содержа-

ние бензола в крови превышено до 2,1 раза, фенола – до 1,8 раза, бен(а)пирена – в 1,6 раза) выявлены изменения структуры и объема щитовидной железы у 43,4 %, с диффузными изменениями – у 36,7 % детей.

Таким образом, в ходе проведенного обследования доказано, что хронический неканцерогенный риск развития заболевания эндокринной системы в условиях аэрогенного загрязнения атмосферного воздуха бензолом, фенолом и бенз(а)пиреном реализуется в виде повышенной заболеваемости детского населения эндемическим зобом (E04.9), избыточным питанием (E67.8), ожирением (E66.0).

### Список литературы

1. Баранов А.А., Ильин А.Г. Основные тенденции динамики состояния здоровья детей в российской федерации. пути решения проблем // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2011. – № 6. – С. 12–18.
2. Гигиеническая характеристика факторов, формирующих тиреоидную патологию у детей / О.В. Возгомент, И.П. Корюкина, А.И. Аминова, К.П. Лужецкий, С.В. Фарносова // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 2 – С. 28–30.
3. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Трошина Е.А. Дефицит йода – угроза здоровью и развитию детей в России: национальный доклад. – М., 2006. – 123 с.
4. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кирьянов Д.А. Выявление особенностей формирования йоддефицитных состояний у детей в условиях воздействия экологических факторов малой интенсивности (на примере Пермской области) // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2001. – № 6. – С. 39.
5. Зайцева Н.В., Май И.В., Балашов С.Ю. Медико-биологические показатели состояния здоровья населения в условиях комплексного природно-техногенного загрязнения среды обитания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, № 1–6. – С. 1144–1148.
6. Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Палагина Л.Н. Структурно-динамический анализ эндокринной патологии у детей, проживающих в условиях воздействия химических техногенных факторов среды обитания (на примере Пермского края) // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 11 (248). – С. 32–35.
7. Лужецкий К.П. Йоддефицитные заболевания природно-обусловленного происхождения у детей Пермского края // Здоровье населения и среда обитания: ежемесячный информационный бюллетень. – М., 2010. – № 3. – С. 25–30.
8. Особенности клинико-лабораторного статуса у детей с йоддефицитными заболеваниями, проживающих в условиях комбинированного воздействия природно-техногенных факторов / К.П. Лужецкий, И.П. Корюкина, О.Ю. Устинова, Л.В. Бурдина, И.Е. Штина // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 2. – С. 65–67.

### References

1. Baranov A.A., Il'in A.G. Osnovnye tendencii dinamiki sostojanija zdorov'ja detej v rossijskoj federacii. puti reshenija problem [Key trends in the health of children in the Russian Federation. Solutions to the problems]. *Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk*, 2011, no. 6, pp. 12–18.
2. Vozgoment O.V., Korjukina I.P., Aminova A.I., Luzheckij K.P., Farnosova S.V. Gigienicheskaja harakteristika faktorov, formirujushhh tireoidnuju patologiju u detej [Hygienic characteristics of the factors forming the thyroid pathology in children]. *Fundamental'nye issledovanija*, 2010, no. 2, pp. 28–30.
3. Dedov I.I., Mel'nichenko G.A., Troshina E.A. Deficit joda – ugroza zdorov'ju i razvitiju detej v Rossii. (Nacional'ny doklad) [Iodine deficiency - a threat to the health and development of children in Russia. (National report)]. Moscow, 2006. 123 p.
4. Zajceva N.V., Zemljanova M.A., Kir'janov D.A. Vyjavlenie osobennostej formirovanija joddeficitnyh sostojanij u detej v uslovijah vozdejstvija jekologicheskikh faktorov maloj intensivnosti (na primere Permskoj oblasti) [Identifying the features of formation of iodine deficiency states in children under the impact of

environmental factors of low intensity (on the example of the Perm region)]. *Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk*, 2001, no. 6, pp. 39.

5. Zajceva N.V., Maj I.V., Balashov S.Ju. Mediko-biologicheskie pokazateli sostojanija zdorov'ja naselenija v uslovijah kompleksnogo prirodno-tehnogennoho zagrjaznenija sredi obitanija [Biomedical public health indicators in the conditions of integrated natural and man-made environmental pollution]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2009, vol. 11, no. 1–6, pp. 1144–1148.

6. Luzheckij K.P., Ustinova O.Ju., Palagina L.N. Strukturno-dinamicheskij analiz jendokrinnoj patologii u detej, prozhivajushhijh v uslovijah vozdejstvija himicheskijh tehnogennyh faktorov sredi obitanija (na primere Permskogo kraja) [Structural and dynamic analysis of endocrine diseases in children living in the conditions of chemical man-made environmental factors (on the example of the Perm Krai)]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2013, no. 11 (248), pp. 32–35.

7. Luzheckij K.P. Joddeficitnye zabojevanija prirodno-obuslovlennogo proishozhdenija u detej Permskogo kraja [Iodine deficiency diseases of natural origin in children of the Perm Krai]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija: ezheimesjachnyj informacionnyj bjulleten'*, Moscow, 2010, no. 3, pp. 25–30.

8. Luzheckij K.P., Korjukina I.P., Ustinova O.Ju., Burdina L.V., Shtina I.E. Osobennosti kliniko-laboratornogo statusa u detej s joddeficitnymi zabojevanijami, prozhivajushhijh v uslovijah kombinirovannogo vozdejstvija prirodno-tehnogennyh faktorov [Peculiarities of clinical and laboratory status in children with iodine deficiency diseases, living in the combined effects of natural and man-made factors]. *Fundamental'nye issledovanija*, 2010, no. 2, pp. 65–67.

## CHARACTERISTICS OF ENDOCRINE DISORDERS IN CHILDREN, LIVING IN CONDITIONS OF HIGH LEVEL RISK OF INHALATION EXPOSURE TO BENZENE, PHENOL, BENZO(A) PYRENE

**K.P. Luzhetsky<sup>1,2</sup>, O.Yu. Ustinova<sup>1,2</sup>, O.A. Maklakova<sup>1,2</sup>, L.N. Palagina<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Perm State National Research University, Russian Federation, Perm, 15 Bukireva St., 614990

The study of incidence of endocrine diseases in children, living in conditions of high level risk of inhalation exposure to chemical technogenic factors of large industrial center, has been performed. In the condition of high level risk of chronic aerogenic exposure to benzene, phenol, benzo (a) pyrene the violations of thyroid homeostasis, carbohydrate and fat metabolism (goiter (E04.9), the excess food (E67.8) and obesity (E66.0)) were diagnosed in 1.3-2.0 times more likely than in the comparison group. The relationship of the formation of endocrine disorders in children with increased content of benzene, phenol and benzo (a) pyrene in blood has been established. Children, living in the areas with chemical atmospheric pollution with substances influencing hormonogenesis and light iodine deficit, have a reduced level of iodine provision, changes in the structure and volume of the thyroid gland 1.7-2.4 times higher than in the comparison group.

**Key words:** children, endocrine disorders, benzene, phenol, benzo (a) pyrene.

---

© Luzhetsky K.P., Ustinova O.Yu., Maklakova O.A., Palagina L.N., 2014

**Luzhetsky Konstantin Petrovich** – Candidate of medical sciences, head of clinic of ecodependent and industrially conditioned pathology (e-mail: nemo@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 236-80-98).

**Ustinova Olga Yurievna** – MD, professor, deputy director on clinical care (e-mail: ustynova@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 236-32-64).

**Maklakova Olga Anatolievna** – Candidate of medical sciences, head of consulting and polyclinic department (e-mail: olga\_mcl@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-27-92).

**Palagina Larisa Nikolaevna** – Pediatric thyroid specialist (e-mail: root@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-25-34).

## РЕЗОЛЮЦИЯ

### ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ»

21–23 мая 2014 г., г. Пермь

Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания», организованная под председательством руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главного государственного санитарного врача Российской Федерации, доктора медицинских наук, профессора А.Ю. Поповой, прошла с участием более 200 специалистов органов и организаций Роспотребнадзора, научных институтов и учреждений Минздрава РФ, РАН и других организаций из 64 регионов Российской Федерации, Казахстана, Республики Беларусь, Италии и Франции.

Свои регионы на конференции представляли руководители высшего и среднего звена Управлений Роспотребнадзора, главные врачи и заместители главных врачей Центров гигиены и эпидемиологии, руководители и специалисты подразделений социально-гигиенического мониторинга, директора и специалисты 17 научно-исследовательских институтов. В работе конференции приняли участие работники 10 медицинских академий и институтов, региональных и муниципальных учреждений здравоохранения, других организаций, связанных с обеспечением санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Более 100 докладов, сделанных на пленарных заседаниях, в рамках четырех секций и постерной сессии, отражали всю совокупность научных направлений, заявленных к обсуждению.

Центральный федеральный округ представляли Брянская, Воронежская, Ивановская, Калужская, Костромская, Курская, Липецкая, Московская, Орловская, Тамбовская, Тульская, Московская области и г. Москва.

От Северо-Западного федерального округа выступали представители Архангельской, Вологодской областей, Республики Карелия, Республики Коми, Калининградской, Новгородской, Мурманской, Псковской, Ленинградской областей и г. Санкт-Петербурга. Сибирский федеральный округ представляли Республика Алтай, Алтайский край, Иркутская, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская области, Красноярский край, Республика Бурятия. Дальневосточный федеральный округ был представлен Камчатским краем, Амурской областью, Приморским краем, Хабаровским краем.

От Южного федерального округа в конференции приняли участие представители Республики Адыгея, Волгоградской и Ростовской областей.

Приволжский федеральный округ был представлен Республикой Башкортостан, Республикой Татарстан, Кировской областью, Республикой Мордовия, Республикой Марий Эл, Удмуртской Республикой, Нижегородской, Оренбургской, Пензенской областями, Пермским краем, Саратовской, Ульяновской областями, Чувашской Республикой.

От Уральского федерального округа выступали представители Курганской, Свердловской, Тюменской, Челябинской областей, Ханты-Мансийский автономного округа – Югра.

Северо-Кавказский федеральный округ был представлен Республикой Дагестан, Кабардино-Балкарской Республикой, Карачаево-Черкесской Республикой, Ставропольским краем.

В рамках пленарных заседаний были представлены работы зарубежных коллег из Белоруссии, Казахстана, Франции. В ходе прямого телемоста с отделением Европейского агентства по безопасности продуктов питания (Парма, Италия) рассмотрены вопросы анализа риска продуктов питания.

В результате обсуждения актуальных аспектов обеспечения безопасности населения в условиях воздействия факторов внешней среды, производственной деятельности, потребительской продукции **участники конференции констатировали** следующее:

- минимизация формируемых на современном этапе развития России новых угроз и опасностей для здоровья населения определяет необходимость совершенствования методов и инструментов обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

- расширение практики применения методологии оценки риска в деятельности Роспотребнадзора, включая контрольно-надзорные мероприятия, является велением времени и залогом гармонизации отечественных требований безопасности с международными;

- совершенствование методологии анализа риска в России должно быть направлено на реализацию государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности, обоснование комплекса мер по нейтрализации угроз всех видов, предупреждение и последовательное снижение до приемлемого уровня риска негативного воздействия факторов, повышение защищенности населения;

- развитие научных основ санитарно-эпидемиологического надзора, внедрение современных высокочувствительных методов обнаружения, идентификации и контроля загрязнителей окружающей и производственной среды, пищевых продуктов, разработка и применение на практике системных методов гигиенической оценки и управления риском для здоровья человека существенно повышают эффективность работы органов санитарного надзора;

- качественно новый уровень диагностики и профилактики нарушений здоровья, ассоциированных с факторами среды обитания, связан с внедрением в практику клеточных, геномных, цитогенетических технологий ранней, донозологической диагностики нарушений здоровья;

- при системном и последовательном решении проблем, встающих перед Роспотребнадзором, актуальными остаются вопросы гигиенической оценки новых химических веществ, материалов с наночастицами или продукции, полученной с использованием нанотехнологий, прочих факторов опасности. Возникают новые задачи в сфере обеспечения безопасности граждан при воздействии шума, ионизирующего и неионизирующего излучения и иных физических факторов.

- среди проблем, требующих первоочередного решения, остается сохранение здоровья наиболее уязвимых контингентов – детей и беременных женщин, в том числе работающих;

- на фоне демографического старения населения и нарастания дефицита трудовых ресурсов актуализируются вопросы управления профессиональным риском и профилактики болезней, связанных с производственной деятельностью.

**Приоритетными направлениями** совершенствования деятельности службы в направлении минимизации рисков для здоровья населения и работающих контингентов следует признать:

- совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы оценки и управления рисками для здоровья населения, включая законодательное закрепление и внедре-

ние в практику гигиенических нормативов качества среды обитания, продукции и товаров на базе методологии оценки риска (risk-based стандарты);

- гармонизацию нормативно-правовой базы с требованиями Таможенного союза и международными требованиями;

- унификацию нормативно-правовых актов Роспотребнадзора, Министерства здравоохранения РФ, Министерства труда и социальной защиты с учетом анализа документов периода существования Советского Союза и существующей международной практики управления профессиональными рисками;

- наполнение и дальнейшую актуализацию баз данных системы социально-гигиенического мониторинга и государственной статистики, обеспечивающих корректную оценку риска здоровью, интеграцию информационных систем и баз данных государств-членов Таможенного союза;

- создание и реализацию национальной программы по систематическому изучению обращающихся на рынке веществ с целью выведения из оборота продуктов, обладающих высокой степенью риска и замещения их безопасными аналогами;

- совершенствование контроля производства, оборота и использования продукции наноиндустрии в страны в целом;

- дальнейшее совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга, в том числе через развитие взаимодействия федеральных и региональных органов государственной власти, органов местного самоуправления и иных заинтересованных структур;

- совершенствование системы регистрации и учета данных о случаях нанесения вреда здоровью населения при воздействии вредных факторов среды обитания и продукции;

- расширение использования в практике деятельности службы методов системного анализа, математического, в том числе нейросетевого, моделирования, геоинформационного картографирования, ситуационного пространственно-временного анализа и прочих наукоемких методов, поднимающих санитарно-гигиенический анализ на новый современный уровень;

- более широкое применение методов клеточного, геномного и протеомного анализа при токсикологических, эпидемиологических и иных исследованиях;

- разработку методических подходов к обоснованию региональных перечней приоритетных факторов риска среды обитания;

- утверждение на государственном уровне количественного значения уровня «приемлемого риска» или разработку методических подходов к его установлению (обоснованию);

- внедрение в практику гигиены и профилактической токсикологии принципов надлежащей лабораторной практики, с целью реализации этих принципов – считать целесообразным поддержку проекта СП «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)»;

- расширение практики экономических оценок эффективности деятельности службы;

- разработку комплексных подходов по оценке маркеров ускоренного старения работников, продолжительности предстоящей здоровой жизни, показателей профессиональной работоспособности для продления активного трудоспособного периода и увеличения профессионального долголетия;

- развитие методов диагностики нарушений здоровья, ассоциированных с негативным влиянием факторов среды обитания, с обоснованием маркеров экспозиции и маркеров ответа на воздействие;

- совершенствование методов профилактики и коррекции нарушений здоровья, связанных с негативным воздействием факторов внешней и производственной среды, условий питания, обучения;

– поддержку наилучших достижимых технологий, в том числе через оценку остаточных рисков для здоровья и минимизацию контрольно-надзорных действий в отношении предприятий с низкими уровнями риска;

– систематический обмен опытом и конструктивное обсуждение практики оценки и управления рисками, создание сотрудничающих центров в государствах-членах Таможенного союза;

– научное обоснование и внедрение в практику методов оценки восприятия рисков для здоровья и информирования о них;

– совершенствование подготовки кадров по актуальным аспектам анализа рисков здоровью, в том числе в части рисков репродуктивному здоровью работающих;

– расширение практики научного обмена с зарубежными коллегами по вопросам идентификации опасности, оценки экспозиции, характеристике риска для здоровья и иным проблемам, повышающим эффективность санитарно-эпидемиологического надзора и безопасность всех контингентов населения.