

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

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

Адрес редакции:

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

Редактор и корректор – М.Н. Афанасьева
Технический редактор – Е.Н. Несеоря
Переводчик – Е.А. Марсова

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

Подписано в печать 24.12.2013.
Формат 90×60/8.
Усл. печ. л. 11,38.
Заказ № 196/2013.
Тираж 500 экз.

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

Свидетельство о регистрации средства
массовой информации ПИ № ФС 77-52552
от 21.01.2013

Адрес издательства и типографии:
614990, Пермь, Комсомольский пр., 29,
к. 113, тел. 2-198-033

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

Распространяется бесплатно

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Научно-практический журнал. Основан в 2012 г.

Выходит 4 раза в год

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

И.В. Брагина – д.м.н. (г. Москва)

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

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

А.И. Верещагин – к.м.н. (г. Москва)

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

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

М.А. Землянова – д.м.н. (г. Пермь)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

А.Я. Поляков – к.м.н. (г. Новосибирск)

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

А.И. Потапов – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)

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

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

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

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

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

В.А. Хорошавин – д.м.н. (г. Пермь)

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

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

П.З. Шур – д.м.н. (г. Пермь)

4

Октябрь 2013 Декабрь

СОДЕРЖАНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Н.В. Зайцева, П.З.Шур
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИЧЕСКОЙ
ПОДДЕРЖКИ ОЦЕНКИ РИСКА
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРОДУКЦИИ: МИРОВОЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ
ОПЫТ И ПРАКТИКА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА

*И.В. Май, С.В. Клейн,
В.М. Чигвинцев, С.Ю. Балашов*
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ
ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ЭКСПОЗИЦИИ
НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕНИЯ
РАСЧЕТНЫХ И НАТУРНЫХ ДАННЫХ
О КАЧЕСТВЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

М.А. Креймер, В.В. Турбинский
УЧЕТ РЯДА КЛИМАТИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ
ОЦЕНКЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
И ПРОГНОЗИРОВАНИИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

*М.А. Землянова, Т.С. Уланова,
О.О. Синицына, О.В. Гилева*
ОБОСНОВАНИЕ РЕПЕРНОГО УРОВНЯ
СОДЕРЖАНИЯ ВАНАДИЯ В БИОСРЕДАХ
(КРОВЬ) НАСЕЛЕНИЯ

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА

Т.Н. Унгурияну
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
И ОЦЕНКА РИСКА БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ
ДЫХАНИЯ У НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ
КРУПНОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО
КОМБИНАТА

*У.И. Кенесариев., А.Т. Досмухаметов,
Д.У. Кенесары, А.Ф. Кенжебаев*
ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫБРОСОВ
КАРАЧАГАНАКСКОГО НЕФТЕГАЗОКОН-
ДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ПО ДАННЫМ РАСЧЕТНЫХ И ИНСТРУМЕН-
ТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

URGENT ASPECTS OF RISK ANALYSIS

4 *N.V. Zaitseva, P.Z. Shur*
ACUTE ISSUES OF THE METHODOICAL
SUPPORT OF HEALTH RISK ASSESSMENT
IN ENSURING PRODUCT SAFETY: FOREIGN
EXPERIENCE AND CUSTOMS UNION
PRACTICE

SCIENTIFIC AND METHODOICAL APPROACHES TO RISK ANALYSIS

17 *I.V. May, S.V. Kleyn, V.M. Chigvintsev,
S.Yu. Balashov*
METHODOICAL APPROACHES TO INCREASING
THE ACCURACY OF EXPOSURE ASSESSMENT
BASED ON THE CONJUGATION OF SIMULA-
TION AND MONITORING DATA ON AMBIENT
AIR QUALITY

26 *M.A. Kreymer, V.V. Turbinskiy*
TAKING INTO ACCOUNT A NUMBER OF
CLIMATIC INDICATORS IN ENVIRONMENTAL
HEALTH ASSESSMENT OF AMBIENT AIR AND
IN HEALTH RISK FORECASTING

32 *M.A. Zemlyanova, T.S. Ulanova,
O.O. Sinitsyna, O.V. Gileva*
THE SUBSTANTIATION OF A BENCHMARK
LEVEL FOR VANADIUM IN HUMAN
BIOMEDIA (BLOOD)

RISK ASSESSMENT PRACTICE

41 *T.N. Unguryanu*
EPIDEMIOLOGICAL ANALYSIS AND RISK
ASSESSMENT OF RESPIRATORY DISEASES
IN INDIVIDUALS RESIDING IN THE AREA
INFLUENCED BY A LARGE PAPER MILL

46 *U.I. Kenesariyev, A.T. Dosmukhametov,
D.U. Kenesary, A.F. Kenzhebaev*
HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT
OF EXPOSURE TO EMISSIONS FROM
THE KARACHAGANAK OIL AND GAS
CONDENSATE FIELD ACCORDING TO
CALCULATIONS AND MONITORING DATA

<i>В.В. Феттер</i>	54	<i>V.V. Fetter</i>
ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ КОНТАМИНАЦИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ		HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF THE CHEMICAL CONTAMINATION OF FOOD PRODUCTS AND RAW FOODS
<i>С.В. Сергеева, О.И. Кожанова, А.В. Хан, Н.К. Фомичева</i>	64	<i>S.V. Sergeyeva, O.I. Kozhanova, A.V. Khan, N.K. Fomicheva</i>
МИКРОНУТРИЕНТНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ И МЕХАНИЗМЫ УРЕГУЛИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ		MICRONUTRIENT DEFICIENCY AND MECHANISMS OF ITS REGULATION IN THE SARATOV REGION
<i>А.С. Байдина, В.Б. Алексеев, А.Е. Носов, Е.А. Ширинкина</i>	70	<i>A.S. Baydina, V.B. Alexeyev, A.Ye. Nosov, Ye.A. Shirinkina</i>
ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ МЕТАБОЛИЧЕ- СКОГО СИНДРОМА КАК ПРЕДИКТОРА КАРДИОВАСКУЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ		ASSESSING THE RISK OF DEVELOPING THE METABOLIC SYNDROME AS A PREDICTOR OF CARDIOVASCULAR PATHOLOGIES IN OIL-EXTRACTING COMPANY WORKERS
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ		EXPERIMENTAL MODEL AND MEASUREMENT STUDIES
<i>О.В. Долгих, А.В. Кривцов, О.А. Бубнова, В.Б. Алексеев</i>	77	<i>O.V. Dolgikh, A.V. Krivtsov, O.A. Bubnova, V.B. Alexeyev</i>
ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА У ЖЕНЩИН С УГРОЗОЙ НЕВЫНАШИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ АЭРОГЕННОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ФЕНОЛАМИ		CHARACTERISTICS OF GENE POLYMORPHISM IN WOMEN WITH A THREAT OF MISCARRIAGE AND AIRBORNE EXPOSURE TO PHENOLS
<i>Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая, Е.О. Пшеничникова, Э.А. Нахиева</i>	82	<i>T.S. Ulanova, T.D. Karnazhitskaya, Ye.O. Pshenichnikova, E.A. Nakhieva</i>
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРАМФЕНИКОЛА В МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ		THE DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CHLORAMPHENICOL DETERMINATION IN MEAT PRODUCTS

УДК 613, 614

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ: МИРОВОЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И ПРАКТИКА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

Н.В. Зайцева, П.З. Шур

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

Анализ методического обеспечения оценки безопасности продукции (товаров) показал, что критерии риска для здоровья населения достаточно широко применяются для оценки химических и микробиологических факторов опасности пищевых продуктов. При этом в развитии методологии оценки риска продукции целесообразно использовать опыт, накопленный при оценке риска, связанного с воздействием факторов среды обитания. Существующие методические подходы к оценке безопасности продукции следует в практике Таможенного союза дополнить оценкой эволюции риска, связанного с воздействием разнородных факторов продукции, с учетом ответов различной тяжести и количественной оценкой индивидуального и популяционного риска здоровью в случае несоблюдения требований безопасности.

Ключевые слова: безопасность товаров, методические подходы, оценка риска здоровью, Таможенный союз.

В большинстве стран мира и международных организаций концепция оценки риска рассматривается в качестве основного механизма разработки политики, стратегии и определения приоритетов действий, направленных на максимальное, экономически оправданное снижение негативного воздействия на здоровье населения. Понятие оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов является неотъемлемым в рамках законодательства в сфере обеспечения безопасности продукции и защиты здоровья населения как государств – членов Таможенного союза, так и остального мирового сообщества [1]. В мировой практике методологические аспекты обеспечения безопасности населения, в том числе по критериям риска для здоровья,

представлены достаточно широко как в отношении факторов среды обитания, так и в отношении продукции. В наибольшей степени это касается химических факторов риска.

Полная схема проведения оценки риска для здоровья населения при воздействии химических факторов предусматривает проведение четырех этапов:

– идентификация опасности (Hazard Identification), предусматривающая установление на качественном уровне весомости доказательств способности того или иного химического агента вызывать определенные вредные эффекты у человека;

– оценка экспозиции (Exposure Assessment) – определение и оценка качественной и количественной выраженности, частоты, продолжительности и путей воздействия;

© Зайцева Н.В., Шур П.З., 2013

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

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

– оценка зависимости «доза–ответ» (Dose-Response Assessment), количественная характеристика токсикологической информации и установление связи между воздействующей дозой (концентрацией) загрязняющего вещества и случаями вредных эффектов в экспонируемой популяции;

– характеристика риска (Risk Characterization), интегрирующая данные, полученные на всех предшествующих этапах исследований, с целью количественной и качественной оценки риска, выявления и оценки сравнительной значимости существующих проблем для здоровья населения.

Анализ основных документов в области оценки риска при воздействии химических веществ показал, что в некоторых из них методология оценки риска здоровью представлена именно по вышеуказанному алгоритму [3, 9, 13, 23, 39, 40], однако следует отметить, что в других, наряду с обязательно присутствующими характеристикой опасности и характеристикой риска, этапы оценки риска, при сохранении цели их реализации, различаются. Так, при проведении оценки риска здоровью от воздействия химических веществ, поступающих с продуктами питания (пищевые добавки, химические загрязнители, остаточные количества пестицидов и ветеринарных препаратов), во всех случаях обязательным является этап характеристики опасности (Hazard Characterization), результатом которого, в сущности, является оценка зависимости «доза–ответ» [24, 33, 35, 41]. Пошаговые алгоритмы оценки риска для здоровья пищевой продукции, в том числе пищевых добавок, связанного с остаточными количествами ветеринарных препаратов, содержанием химических загрязнителей, пестицидов, микробиологических факторов, представлены в Руководстве ФАО/ВОЗ по оценке риска [24]. В области оценки микробиологического риска пищевых продуктов для здоровья процедура представляет собой ряд последовательных действий, включающих идентификацию опасности (Hazard Identification), характеристику опасности (Hazard Characterization), оценку экспозиции (Exposure Assessment) и характеристику риска (Risk Characterization) [10, 11, 16, 38].

Методические подходы к оценке риска физических факторов продукции для здоровья населения практически не описаны, однако основные ее элементы и достаточное число параметров, которые могут быть использованы при анализе безопасности продукции, представлены в методах, касающихся оценки риска внешнесредовых факторов [2, 5, 6, 15, 19, 20, 22, 30]. Следует отметить, что, несмотря на некоторые отличия в алгоритме, этапы оценки схожи с идентификацией опасности, оценкой экспозиции, оценкой зависимости «доза–ответ» и характеристикой риска.

Идентификация опасности является первым этапом процедуры оценки риска здоровью и наиболее часто трактуется как процесс установления потенциальных факторов риска для здоровья (химической, микробиологической, физической природы) и способности того или иного фактора вызывать определенные вредные эффекты у человека. Этап идентификации опасности имеет скрининговый характер и предусматривает выявление всех возможных факторов риска для здоровья, характеристику их потенциальных вредных эффектов и оценку научной доказанности возможности развития этих эффектов у человека; характеристику условий и путей воздействия; характеристику потенциальной группы воздействия. Помимо того, что идентификация опасности является этапом процедуры оценки риска здоровью населения, она может проводиться и с целью определения требующих маркировки «опасно» продуктов или выбора подходящих видов животных для проведения последующих исследований [9, 23, 40, 41].

Для химических факторов риска продуктов питания, включающих пищевые добавки, загрязнители, поступающие из объектов среды обитания (например, ртуть, диоксины), природные токсиканты пищи (например, гликоалкалоиды в картофеле, афлатоксины в арахисе), остаточные количества пестицидов и ветеринарных препаратов, также необходимо проведение детальной идентификации опасности с установлением всех возможных неблагоприятных ответов со стороны здоровья потребителей

продуктов питания. Ведущими критериями для выбора приоритетных химических веществ являются уровень содержания в продукции, численность потребителей, потенциально подверженных воздействию, высокая стойкость, способность к биоаккумуляции, способность к межсредовому распределению, токсические свойства [33].

При проведении микробиологической оценки риска возможны несколько вариантов идентификации опасности в зависимости от цели исследования микробиологического риска. В случаях, когда оценка микробиологического риска применяется для изучения проблем общественного здоровья, основное внимание уделяется заболеванию и его вероятным исходам. Для оценки микробиологического риска при исследовании экспозиции определенных продуктов питания в ходе идентификации опасности основным является установление патогенов, распространение которых возможно с исследуемым продуктом питания. В рамках разработки управленческих решений для определения необходимости и выбора наилучшего места внедрения контрольных мероприятий, а также сравнения различных подходов по профилактике/контролю заболеваемости, установления гигиенических нормативов идентификация опасности включает оценку свойств микроорганизма, обеспечивающих его передачу с продуктами питания, и способность вызывать заболевание. По результатам идентификации опасности в случае оценки микробиологического риска определяются: перечень и характеристика приоритетных микробных загрязнителей, потенциально опасных для здоровья человека при оцениваемых путях поступления в организм, и пищевых продуктов, которые могут быть ими загрязнены, восприимчивые популяции и субпопуляции, а также макет профиля риска, разработанный на базе ранее проведенных опубликованных исследований [28, 29].

Анализ методических документов по оценке риска здоровью показал значительную разницу в проведении идентификации опасности для случаев оценки риска при воздействии химических и микробиологических факторов. Так, считается, что любой

химический агент в достаточном количестве способен приводить к возникновению того или иного вредного эффекта со стороны здоровья. Кроме того, одно химическое вещество может быть связано с несколькими различными неблагоприятными ответами со стороны здоровья, которые не обязательно проявятся в условиях исследуемого уровня экспозиции. Способность патогенных организмов размножаться имеет своим следствием то, что даже малые исходные уровни их содержания могут привести к развитию заболевания. По этой причине в ходе идентификации опасности основное внимание уделяется установлению наличия патогенного микроорганизма, нежели ответу со стороны здоровья, связанному с его присутствием.

На этапе идентификации опасности продукции (товаров) для здоровья населения целесообразно проводить определение необходимости оценки интегрального риска с учетом всей полученной информации и инвентаризацией возможных сценариев экспозиции с оценкой уровней экспозиции каждого фактора риска для каждого сценария [4]. В результате такой оценки производится отбор сценариев, для которых отсутствует воздействие, приводящее к неблагоприятным эффектам. Для этих сценариев необходимость реализации полной процедуры оценки эволюции риска отсутствует. Дополнительными критериями для исключения сценариев из процедуры оценки эволюции риска на следующих этапах являются: малое количество факторов риска, недостаточность имеющихся данных об экспозиции и эффектах воздействия факторов риска.

Этап оценки зависимости «экспозиция–эффект (ответ)» предусматривает установление причинной обусловленности развития вредного эффекта при действии исследуемого фактора, определение недействующих уровней для факторов с установленными порогами действия и выявление параметров интенсивности возрастания эффекта при увеличении экспозиции выше этих уровней, а также для факторов, в отношении которых предполагается беспороговое действие. Кроме того, изучение зави-

симости «доза–ответ» служит основой для установления показателей токсичности, используемых в дальнейшем при характеристике риска.

В рамках оценки риска, связанного с воздействием химических веществ, оценка зависимости «доза–ответ» рассматривается как процесс количественной характеристики токсикологической информации и установления связи между воздействующей дозой (концентрацией) исследуемого фактора и случаями вредных эффектов в экспонируемой популяции [9, 16, 23, 33, 34]. Данные, применяемые для установления зависимости «экспозиция–ответ», включают результаты токсикологических исследований на животных, клинических исследований экспозиции, а также заключения эпидемиологических исследований, имеющие наибольший приоритет. Для действия химических веществ характерен широкий спектр вредных эффектов, однако в методологии оценки риска принято ориентироваться на тот вредный эффект, который возникает при действии наименьшей из эффективных доз (критический эффект, критические органы/системы).

Безопасные уровни кратковременных воздействий направлены на предупреждение смертельных исходов, развития острых отравлений различной степени тяжести или неприятных субъективных ощущений при непродолжительном, но интенсивном загрязнении. Эти уровни обычно разрабатываются для условий кратковременного непрерывного химического воздействия с продолжительностью от 5–30 мин до 6–8 и 24 ч. Наиболее часто используемым является референтный уровень острых ингаляционных воздействий на население ($ARfC$) – максимальных концентраций, не вызывающих вредные для здоровья эффекты у большинства чувствительных индивидуумов при регламентированном времени усреднения экспозиции.

Для оценки хронических неканцерогенных эффектов используется большое число уровней, отражающих суточное воздействие (поступления) химического вещества в течение всей жизни, в том числе референтные

дозы и концентрации (RfD и RfC), допустимое суточное поступление (ADI), переносимое суточное поступление (TDI) и др. Основой для установления этих величин, как правило, являются наименьшие уровни наблюдаемого вредного эффекта ($LOAEL$) или уровни ненаблюдаемого вредного эффекта ($NOAEL$). В мировой практике предпочтение отдается параметрам оценки риска, полученным по результатам эпидемиологических исследований, реперным (опорным) уровням (Benchmark Dose (BMD), Benchmark Concentration (BMC)).

При оценке беспорогового эффекта предполагается линейность между наименьшей экспериментально полученной дозой и нулевой дозой, что предполагает наличие поддающейся вычислению вероятности развития неблагоприятного ответа со стороны здоровья даже при самой малой дозе. Численные значения вероятности получаются путем подбора одной или нескольких моделей к диапазону экспериментальных доз и экстраполяции на более низкие уровни внешнесредового воздействия. Основным параметр для оценки риска воздействия канцерогенного агента с беспороговым механизмом действия – фактор канцерогенного потенциала (CPF) или фактор наклона (SF), характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу.

В ходе характеристики опасности при оценке риска здоровью от химических контаминантов, поступающих с пищевыми продуктами, на этапе характеристики опасности проводится описание и оценка зависимости «доза–ответ» также для наиболее чувствительного ответа со стороны здоровья. При наличии порога действия по результатам характеристики опасности устанавливается безопасный уровень поступления, допустимое суточное поступление (ADI) (для пищевых добавок, ветеринарных препаратов и пестицидов) или приемлемый уровень суточного поступления (TDI) (для химических контаминантов и химических веществ, контактирующих с пищевыми про-

дуктами материалов. Кроме того, *ADI* может быть разработано с использованием реперных доз и системы коэффициентов неопределенности. Обычно значения *ADI*, полученные вышеуказанными способами, мало различаются.

В соответствии с Scientific report of EFSA International Frameworks Dealing with Human Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals [31] в ходе характеристики опасности для условий комбинированного воздействия химических веществ, поступающих с продуктами питания, рассматривается либо смесь всех химических соединений в целом, либо каждое вещество в отдельности, в зависимости от имеющейся токсикологической информации.

В рамках оценки микробиологического риска оценка зависимости «доза–ответ» проводится на этапе характеристики опасности. На данном этапе оценки риска здоровью населения при воздействии факторов микробной природы, содержащихся в пищевых продуктах, анализируются зависимости между дозой, вирулентностью и проявлением (тип, тяжесть) ответов со стороны здоровья в восприимчивой популяции с использованием статистических моделей, данных «доза–ответ», полученных как для человека, так и в экспериментах на животных, с учетом путей поступления, источников и методов приготовления материала, содержащего патогены [8, 26, 27]. Для описания зависимости «доза–ответ» предложены две гипотезы развития инфекционного процесса, первая – наличие минимальной инфицирующей дозы с разработкой пороговых моделей, вторая – развитие инфекционного процесса при наличии хотя бы одной КОЕ патогена с разработкой беспороговых моделей воздействия. Наиболее часто используемыми в практике являются модели, основанные на беспороговой оценке инфекционного случая, т.е. с условием, что даже один микроорганизм может вызывать развитие инфекции; однако в ряде случаев, когда установлен порог действия, рассматриваются пороговые модели, в которых применяются

критерии минимальных инфицирующих доз (МИД) микроорганизмов [14].

При проведении оценки химического и микробиологического риска этапы оценки зависимости «доза–ответ» и характеристики опасности схожи. Для химических агентов на данном этапе обязательно должна проводиться оценка зависимости «доза–ответ», для биологических агентов – только в случае наличия соответствующих данных. В случае оценки микробиологического риска ответы со стороны здоровья менее детализированы и часто фиксируются как частота какого-либо заболевания при определенном уровне воздействия агента. Главной целью в обоих случаях является установление природы, тяжести и продолжительности ответа со стороны здоровья в результате поступления в организм исследуемого агента.

В ходе проведения оценки риска здоровью, связанного с воздействием шума, этап анализа зависимостей «доза–ответ» предусматривает установление связи между экспозицией и частотой, распространенностью, видом и степенью выраженности предполагаемого вредного эффекта в популяции, подверженной вредному воздействию шума. В соответствии с Night noise guidelines for Europe [30] принятая в токсикологии концепция установления пороговых уровней воздействия с использованием NOAEL не применима в оценке риска, связанного с воздействием шума. В данном случае используется критерий порога наблюдаемого эффекта или уровня воздействия, выше которого наступает эффект или возможно установить зависимость этого эффекта от дозы.

При оценке риска нарушения здоровья под воздействием электромагнитных излучений (ЭМИ) исходят из предположения о наличии порога вредного воздействия, ниже которого негативные эффекты не развиваются [6], однако в соответствии с Environmental Health Criteria [20], помимо пороговых эффектов, при воздействии электромагнитных полей (ЭМП) имеют место и непрерывные в отношении воздей-

ствия эффекты. Зависимые от частоты ЭМП пороговые эффекты устанавливаются для условий острого воздействия на электрически возбудимые ткани, в частности ЦНС. В отношении эффектов, возникающих вследствие хронического воздействия, порогов воздействия установлено не было [20].

Этап оценки экспозиции направлен на количественное и/или качественное установление поступления агента в организм в результате контакта с различными объектами окружающей среды, в том числе с продукцией. Экспозиция – контакт организма (рецептора) с химическим, физическим или биологическим агентом. Экспозиция может быть выражена как общее количество вещества в окружающей среде (в единицах массы, например, мг), или как величина воздействия – масса вещества, отнесенная к единице времени (например, мг/сут.), или как величина воздействия, нормализованная с учетом массы тела (мг/(кг·сут.)). Важным этапом оценки экспозиции является формирование сценариев воздействия (в том числе и наихудших условий), включающих описание специфических условий экспозиции; совокупности фактов, предположений и заключений о воздействии оцениваемого вредного фактора.

Оценка экспозиции химического фактора пищевых продуктов проводится в отношении пищевых добавок, химических веществ, загрязняющих пищу, остаточных количеств пестицидов и ветеринарных препаратов, химических веществ, мигрирующих в продукты из контактирующих материалов. Для любых компонентов пищевой продукции оценка экспозиции зависит от количества контаминантов (микроорганизмов, химических веществ), присутствующих в продукте, количества потребляемых продуктов (размер порции), частоты употребления данного вида продуктов. Существующие методы оценки экспозиции в отношении химических веществ, контаминирующих пищу, комбинируют данные потребления пищевых продуктов населением (структура питания) с данными нагрузки контаминантами химической при-

роды пищевых продуктов (концентрации химических веществ) [12, 17, 32]. Используемые методы оценки экспозиции охватывают весь диапазон возможных сценариев экспозиции – от «наихудших» до вероятностно-реальной оценки воздействия. Существует два основных подхода к оценке экспозиции от химических веществ, контаминирующих пищу, – *детерминистический* (точечная оценка, многоуровневый подход), *пробабалистический* (вероятностная оценка). В настоящее время большинство документов отражают использование поэтапного (многоуровневого) подхода для оценки экспозиции в отношении химических факторов пищевой продукции [12, 25].

При выявлении микробиологического риска оценка экспозиции направлена на установление фактического или ожидаемого количества патогенных микроорганизмов, поступающего в организм человека в результате потребления загрязнённых пищевых продуктов, а также количественную и/или качественную оценку вероятности присутствия и уровня содержания патогенного микроорганизма в определенном объеме пищевой продукции или воды. В ходе оценки экспозиции определяется уровень контаминации пищевых продуктов исследуемым микроорганизмом с учетом его жизненного цикла, а также время, частота и продолжительность его воздействия на выбранную популяцию [21, 39].

При проведении оценки риска здоровью от воздействия шума определение экспозиции включает в себя выявление нормируемых параметров шума в заданный момент времени и продолжительности его воздействия, а также оценку суточного взвешенного шума как меры контакта населения с вредным фактором. В качестве основной единицы действующих уровней шума при оценке риска, как правило, принимается показатель L_{den} (эквивалентный уровень средне-взвешенного суточного шума), который может быть определен с учетом дневных и ночных уровней шума [5, 15, 19].

В рамках оценки риска здоровью, связанного с воздействием ЭМИ, выявление

экспозиции включает в себя определение электромагнитных характеристик воздействующего диапазона в заданный момент времени и длительности сохранения определенных уровней ЭМИ, а также оценку взвешенного уровня ЭМИ как меры контакта потребителя с вредным фактором. Возможно проведение оценки экспозиции путем теоретических расчетов [6].

Характеристика риска – этап, на котором производится качественная оценка риска, расчет показателей и полуколичественная и количественная оценка риска, классификация риска с оценкой его допустимости. В методических документах, посвященных оценке риска продукции, этап характеристики риска наиболее подробно описан в отношении микробиологических [8, 10, 16, 26–28, 38] и химических [12, 23, 35, 38, 41] факторов пищевых продуктов.

В соответствии с документом Комиссии Кодекс Алиментариус «Принципы и методические указания, касающиеся проведения оценки микробиологического риска» [16] определение характеристик риска представляет собой соединение результатов идентификации опасных факторов, выявления характеристик опасных факторов и оценки экспозиции с целью получения итоговой оценки риска; оно позволяет получить качественную или количественную оценку вероятности и степени тяжести отрицательных последствий, которые могут наступить в данной группе населения, включая описание неопределенностей, связанных с этими итоговыми оценками. Эти оценки могут быть получены посредством сравнения с независимыми эпидемиологическими данными, которые связывают опасные факторы с распространенностью заболеваний.

В соответствии с методическими рекомендациями «Оценка риска здоровью населения при воздействии факторов микробной природы, содержащихся в пищевых продуктах. Методические основы, принципы и критерии оценки» [8] рекомендуется выделять два основных компонента характеристики риска: установление и описание. В процессе установления риска проводится

описание типов и степени неблагоприятных эффектов. Результатом характеристики ответов может быть вероятность развития заболевания при поступлении определенного количества микроорганизмов. Вторым компонентом характеристики риска (описание риска) проводится с учетом природы, тяжести и последствий случая заболевания.

В совместной публикации Всемирной организации здравоохранения (WHO) и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (FAO) [38] выделяется качественная, полуколичественная и количественная характеристика риска.

Качественную оценку риска предлагается проводить при скрининговых предварительных исследованиях с целью обоснования дальнейшей оценки риска и определения недостающей информации для его количественной оценки. В качестве основных ее достоинств можно выделить более простое и быстрое восприятие результатов, в том числе лицами, принимающими решения, возможность ее проведения при недостатке данных для количественной оценки. Процедура качественной ОМР включает анализ данных с оценкой их неопределенности, обоснование и заключение, в котором содержится ответ на поставленные вопросы в соответствии с задачами оценки риска. Полуколичественная характеристика микробиологического риска проводится с использованием методических подходов, которые применяются при качественной оценке риска. Однако ранжирование вероятности и частоты экспозиции и воздействия позволяет более адекватно определять категории микробиологического риска по сравнению с качественной оценкой. При полуколичественной оценке производится категорирование вероятности и частоты экспозиции для каждого фактора микробиологического риска. Количественная характеристика микробиологического риска может осуществляться с использованием вероятностных и детерминированных моделей. При количественной характеристике микробиологического риска в зависимости от задач исследования рассматривается ве-

роятность заболевания при однократном употреблении стандартной порции пищевого продукта и/или вероятность заболевания при употреблении пищевого продукта в течение определенного периода. Второй подход ближе к детерминированным моделям, так как предполагает, что экспозиция может повторяться с определенной частотой. Эффект (ответ) может регистрироваться как в виде заболеваний, так и в виде показателей, учитывающих экономические аспекты (дни нетрудоспособности, QALY и пр.).

При количественной характеристике риска пищевых продуктов для населения рассчитываются показатели индивидуального и популяционного риска. Индивидуальный риск – вероятность случайного индивидуума в исследуемой популяции (субпопуляции) заболеть вследствие инфицирования при потреблении пищевого продукта однократно, в течение определенного периода или всей жизни, а также как ожидаемое число негативных эффектов у индивидуума при потреблении определенного количества (например, 1 килограмма) пищевого продукта. В качестве показателей популяционного риска используются ожидаемое число случаев заболеваний или число дней нетрудоспособности, связанных с потреблением пищевых продуктов в популяции, вероятность 1 случая заболевания или смерти в популяции в течение 1 года и пр.

В отношении других видов продукции характеристика риска проводится, главным образом, с целью обоснования уровней воздействия факторов, не связанных с недопустимым риском здоровью. Комиссия по безопасности потребительской продукции США (CPSC) дает следующее описание процесса оценки риска: «Для целей настоящего руководства мы определяем риск как вероятность того, что ущерб или вред причиняют или могут быть причинены веществом, технологией или деятельностью». Соответственно, результатом характеристики риска, проведенной экспертами этой комиссии, является установление безопасных уровней химических и иных факторов продукции с учетом критериев риска здоровью

потребителей [18]. При отзыве продукции CPSC выделяет в характеристике рисков три уровня с целью определения риска продукции, представляющей «существенный риск». Три класса риска основываются на двух факторах – серьезность ущерба/болезни и вероятность происхождения.

В процессе характеристики рисков используется величина условно принимаемого приемлемого риска – вероятность наступления события, негативные последствия которого настолько незначительны, что ради получаемой выгоды от фактора риска человек или группа людей, или общество в целом готовы пойти на этот риск.

Методические подходы к количественной характеристике неканцерогенного риска базируются на результатах эпидемиологических исследований [7]. Реализация данных методических подходов предполагает в случае отсутствия релевантной информации о недействующем уровне химического фактора риска, установление реперного уровня воздействия с последующим формированием парных математических моделей «экспозиция – вероятность ответа» для величин экспозиции выше реперных. При характеристике риска, рассчитанного на основе параметров зависимости «экспозиция–ответ», полученных в эпидемиологических исследованиях, необходимо принимать во внимание соответствие периодов усреднения оцениваемых уровней экспозиции таковыми, при которых были установлены соответствующие критерии. Однако химические факторы могут одновременно влиять на функции нескольких органов и систем, а также возможно одновременное воздействие нескольких химических факторов. В этом случае характеристика риска осуществляется на базе использования моделей эволюции риска.

Характеристика риска на базе эволюционных моделей производится с использованием приведенного индекса риска здоровью (\tilde{R}). Рекомендации по управлению риском нарушений здоровья, связанным с действием химических факторов, могут разрабатываться с учетом оценочной шка-

лы индекса \tilde{R} . Величина \tilde{R} менее 0,05 оценивается как риск *пренебрежимо малый (приемлемый, допустимый)*, не отличающийся от обычных, повседневных рисков, величина \tilde{R} в диапазоне 0,05–0,35 – умеренный риск, 0,35–0,6 – высокий, более 0,6 – очень высокий. Кроме того, при воздействии химических веществ оценивается сокращение прогнозируемой продолжительности жизни населения в условиях заданной экспозиции. Значения риска отражают, главным образом, долгосрочную тенденцию к изменению показателей здоровья, формирующуюся при условии соблюдения всех принятых в расчетах исходных условий (например, определенная продолжительность и интенсивность воздействия, конкретные значения факторов экспозиции и др.).

Выводы. Таким образом, с учетом гармонизации с международным законодательством и методическим обеспечением его исполнения для оценки риска продукции (товаров) для здоровья населения стран Таможенного союза целесообразно выделить следующие этапы:

- идентификации опасности, включающий установление факторов риска, выделение контингентов риска с указанием наиболее чувствительных групп населения, характеристику эффектов (ответов) их воздействия, в том числе для наиболее чувствительных групп населения;

- оценки зависимости «экспозиция–эффект (ответ)», включающий виды и па-

раметры математических моделей, в том числе недействующие уровни;

- оценки экспозиции, включающий сценарии экспозиции, расчет интенсивности и продолжительности экспозиции для каждого сценария;

- характеристики риска, включающий расчет индивидуальных и популяционных показателей риска здоровью населения, с учетом одновременного воздействия разнородных факторов на формирование эффектов различной тяжести, при рассматриваемых сценариях экспозиции, оценку интегрального риска продукции для здоровья, классификацию риска и оценку его соответствия приемлемому уровню.

Для оценки риска продукции для здоровья потребителя рекомендуется использование существующих методических подходов, в первую очередь к оценке риска пищевых продуктов. Данные подходы целесообразно дополнить оценкой интегрального риска, связанного с воздействием разнородных факторов продукции с учетом ответов различной тяжести на базе эволюционных моделей. В качестве результатов оценки риска продукции для здоровья следует помимо обоснования характеристик продукции, соответствующих допустимому уровню риска, рассматривать прогнозируемую количественную оценку индивидуального и популяционного риска здоровью в случае несоблюдения требований безопасности.

Список литературы

1. 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
2. Инструкция 2.1.8.10-12-3-2005 по оценке риска здоровью населения от воздействия шума в условиях населенных мест / утв. гл. сан. врачом Республики Беларусь от 22 мая 2005 г. – URL: <http://www.newsby.org/documents/razn/pos08/postn08656.htm> (дата обращения: 10.07.2013).
3. Инструкция по оценке риска для здоровья при воздействии химических веществ 2.1.6.11-9-29-2004 «Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух»: постановление главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 63 от 5 июля 2004 г. – URL: <http://www.newsby.org/documents/razn/pos08/postn08656.htm> (дата обращения: 10.07.2013).
4. Методические подходы к оценке интегрального риска здоровью населения на основе эволюционных математических моделей / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 10. – С. 6–9.
5. МР 2.1.10.0059-12. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 40 с.

6. МР 2.1.10.0061-12. Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГц) в условиях населенных мест: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012 г. – 29 с.
7. МР 2.1.10.0062-12. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей: методические рекомендации. – URL: <http://www.niid.ru/documents/ros/ukaz/86008/> (дата обращения: 27.08.2013).
8. МР 2.1.10.0067 – 12. Оценка риска здоровью населения при воздействии факторов микробной природы, содержащихся в пищевых продуктах. Методические основы, принципы и критерии оценки: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 53 с.
9. Р 2.2.1.10-1904. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания / утв. гл. гос. санитарным врачом РФ. – URL: <http://base1.gostedu.ru/46/46715/> (дата обращения: 15.09.2013).
10. Appendix II: Draft principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment // Report of the thirty-first session of the Codex Committee on Food Hygiene / Codex Alimentarius Commission / WHO. – Orlando, United States, 26–30 October 1998. – P. 35–42.
11. Application of risk analysis to food standard issues: Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation / WHO. – Geneva, Switzerland, 13–17 March 1995. – 39 p.
12. Assessing Exposure from Pesticides in Food: A User's Guide / Pest Management Regulatory Agency Health. – Canada, 2003. – P. 38.
13. Assuring food safety and quality: Guidelines for strengthening national food control systems // FAO Food and Nutrition Paper / FAO/WHO. – 2003. – Vol. 76. – 80 p.
14. Benford D.J. Principles of risk assessment in food and drinking water related to human health // ILSI Europe Concise Monograph Series / International Life Science Institute. – Brussels: ILSI Press, 2001. – 34 p.
15. Burden of the disease from environmental noise. Quantification of healthy life years in Europe / WHO. – 2011. – 126 p.
16. CAC/GL-30. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk Assessment // Food Hygiene. Basic Texts / Codex Alimentarius / FAO/WHO. – 1999. – 2nd edition. – P. 53–63.
17. Consultations and Workshops: Dietary exposure assessment of chemicals in food: Report of a joint FAO/WHO consultation / WHO. – Annapolis, Maryland, USA, 2–6 May 2005. – 88 p.
18. CPSIA Status Report. Review of Metals in the Toy Safety Standard. ASTM F 963. 03/14/2012 / Consumer Product Safety Commission, USA. – 2012. – 172 p.
19. Directive 2002/49/Ec Of The European Parliament And Of The Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise // Official Journal of the European Communities. – 2002. – № L189/12-L189/25. – URL: <http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm> (дата обращения: 07.09.2013).
20. Environmental Health Criteria 137. Electromagnetic Fields (300 HZ TO 300 GHZ) [Электронный ресурс] / WHO, 1993. – URL: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm> (дата обращения: 23.07.2013).
21. Exposure assessment of microbiological hazards in food: guidelines // MRA Series / WHO/FAO. – 2008. – № 7. – URL: <http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/mra7/en/index.html> (дата обращения: 11.08.2013).
22. Extremely Low Frequency Fields // Environmental Health Criteria / WHO. – 2007. – № 238. – 543 p.
23. Food safety risk analysis – A guide for national food safety authorities // FAO food and nutrition paper / FAO/WHO. – Rome, 2006. – Vol. 87. – 50 p.
24. Food Safety Risk Analysis. Part I: An Overview and Framework Manual. Provisional Edition / FAO/WHO. – Rome, 2005. – 86 p.
25. Food Standards Australia New Zealand. Principles and Practices of Dietary Exposure Assessment for Food Regulatory Purposes. – 2009. – 104 p.
26. Framework for Science-Based Risk Assessment of Micro-Organisms Regulated under the Canadian Environmental Protection Act / Environment Canada and Health Canada. – 1999. – 20 p.
27. Hazard characterization for pathogens in food and water: guidelines // Microbiological risk assessment series / FAO/WHO. – 2003. – № 3. – 76 p.
28. Microbial Risk Assessment Guideline. Pathogenic Microorganisms With Focus On Food And Water / The Interagency Microbiological Risk Assessment Guideline Workgroup / USDA, FSIS and EPA. – 2012. – 231 p.
29. Microbiological Risk Assessment in Food Processing / ed. by Martyn Brown and Mike Stringer. CRC Press LLC. – 2002. – 301 p.
30. Night noise guidelines for Europe / WHO. – 2009. – 184 p.
31. Overview of the procedures currently used at EFSA for the assessment of dietary exposure to different chemical substances: scientific report of EFSA / European Food Safety Authority. – Parma, Italy // EFSA Journal. – 2011. – Vol. 9 (12): 2490. – P. 33.
32. Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemical in Food. Chapter 6. Dietary exposure assessment of chemicals in food. / FAO/WHO. – 2009. – P. 95.

33. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food [Электронный ресурс] // Environmental Health Criteria / WHO. – 2009. – № 240. – URL: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc240_index.htm (дата обращения: 21.07.2013).
34. Principles For The Assessment Of Risks To Human Health From Exposure To Chemicals: Environmental Health Criteria 210 [Электронный ресурс] / WHO. – 1999. – URL: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc210.htm> (дата обращения: 21.07.2013).
35. Principles For The Safety Assessment Of Food Additives And Contaminants In Food [Электронный ресурс] // Environmental Health Criteria / International Programme On Chemical Safety / WHO. – Geneva, 1987. – № 70. – URL: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc70.htm> (дата обращения: 16.07.2013).
36. Report From The Commission on Dietary Food Additive Intake in the European Union / EC. – 2011. – 26 p.
37. Revised framework for microbial risk assessment: An ILSI Risk Science Institute Workshop Report / International Life Sciences Institute, USA. – 2000. – 27 p.
38. Risk Characterization of Microbiological Hazards in Food // MRA Series / WHO/FAO. – 2009. – № 17. – URL: <http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/MRA17.pdf> (дата обращения: 21.08.2013).
39. The Future of Risk Assessment in the European Union: The Second report on the Harmonisation of Risk Assessment Procedures / Scientific Steering Committee, EU. – Brussels, 2003. – 112 p.
40. The Report of the Scientific Steering Committee's Working Group on Harmonisation of Risk Assessment Procedures in the Scientific Committees advising the European Commission in the area of human and environmental health // First Report on the Harmonisation of Risk Assessment Procedures / Scientific Steering Committee, EU. – Brussels, 26–27 October 2000. – Part 1. – 173 p.
41. Updating the Principles and Methods of Risk Assessment: MRLs for Pesticides and Veterinary Drugs / FAO/WHO. – Rome, 2006. – 47 p.

References

1. Zajceva N.V., Maj I.V. Pravovye aspekty ocenki riska dlja zdorov'ja naselenija pri obespechenii bezopasnosti tovarov: mirovoj zarubezhnyj opyt i praktika Tamozhennogo sojuza [Legal aspects of health risk assessment in ensuring the safety of goods: foreign experience and Customs Union practice]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 3, pp. 4–16.
2. Instrukcija 2.1.8.10-12-3-2005 po ocenke riska zdorov'ju naselenija ot vozdejstvija shuma v uslovijah naselennyh mest [Guidelines 2.1.8.10-12-3-2005 for health risk assessment of exposure to noise in populated areas]. Utverzhdeno glavnym sanitarnym vrachom Respubliki Belarus' ot 22 maja 2005 g. Available at: <http://www.newsby.org/documents/razn/pos08/postn08656.htm>.
3. Instrukcija po ocenke riska dlja zdorov'ja pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv 2.1.6.11-9-29-2004. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija ot vozdejstvija himicheskikh veshhestv, zagriznjajushhih atmosferyj vozduh [Guidelines for health risk assessment of exposure to chemical substances 2.1.6.11-9-29-2004. Health risk assessment of exposure to chemical substances polluting ambient air]. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Respubliki Belarus' ot 5 ijulja 2004 g. № 63.
4. Zajceva N.V., Shur P.Z., Maj I.V., Kir'janov D.A. Metodicheskie podhody k ocenke integral'nogo riska zdorov'ju naselenija na osnove jevoljucionnyh matematicheskikh modelej [Methodological approaches to integral health risk assessment based on mathematical evolutionary models]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2011, no. 10, pp. 6–9.
5. Metodicheskie rekomendacii MR 2.1.10.0059-12. Ocenka riska zdorov'ju naselenija ot vozdejstvija transportnogo shuma [Methodical guidelines MR 2.1.10.0059-12. Health risk assessment of exposure to traffic noise]. Moscow: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2011. 40 p.
6. Metodicheskie rekomendacii MR 2.1.10.0061-12. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii peremennyh jelektromagnitnyh polej (do 300 GGc) v uslovijah naselennyh mest [Methodical guidelines MR 2.1.10.0061-12. Health risk assessment of exposure to alternating electromagnetic fields (up to 300 GHz) in populated areas]. Moscow: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2012. 29 p.
7. Metodicheskie rekomendacii MR 2.1.10.0062-12. Kolichestvennaja ocenka nekancerogenного riska pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv na osnove postroenija jevoljucionnyh modelej [Methodical guidelines MR 2.1.10.0062-12. Quantitative assessment of non-carcinogenic risk of exposure to chemical substances based on building evolutionary models]. Available at: <http://www.niid.ru/documents/ros/ukaz/86008/>.
8. Ocenka riska zdorov'ju naselenija pri vozdejstvii faktorov mikrobnaj prirody, soderzhashhihsja v pishhevych produktah. Metodicheskie osnovy, principy i kriterii ocenki: metodicheskie rekomendacii 2.1.10.0067-12 [Health risk assessment of exposure to factors of microbial origin contained in food products. Methodical basics, principles and criteria of assessment: methodical guidelines 2.1.10.0067-12]. Moscow: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2012. 53 p.
9. R 2.2.1.10-1904. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv, zagriznjajushhih sredu obitanija [Guidelines R 2.1.10.1920-04. Guidelines for health risk assess-

ment of exposure to chemical substances polluting the environment: approved by the Chief Medical Officer of the Russian Federation]. Utverzhdeno glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF. Available at: <http://base1.gostedu.ru/46/46715>.

10. Appendix II: Draft principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment. *Report of the thirty-first session of the Codex Committee on Food Hygiene*. Orlando, United States: Codex Alimentarius Commission, WHO, 26–30 October 1998, pp. 35–42.

11. Application of risk analysis to food standard issues: report of the Joint FAO, WHO Expert Consultation, WHO, Geneva, Switzerland, 13–17 March 1995. 39 p.

12. Assessing Exposure from Pesticides in Food: A User's Guide. Canada: Pest Management Regulatory Agency Health, 2003. P. 38.

13. Assuring food safety and quality: guidelines for strengthening national food control systems. *FAO Food and Nutrition Paper*. FAO/WHO, 2003, vol. 76. 80 p.

14. Benford D.J. Principles of risk assessment in food and drinking water related to human health. *ILSI Europe Concise Monograph Series*, Brussels: International Life Science Institute, 2001. 34 p.

15. Burden of the disease from environmental noise. Quantification of healthy life years in Europe. WHO, 2011. 126 p.

16. CAC/GL-30. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk Assessment. *Food Hygiene. Basic Texts*. Codex Alimentarius, FAO, WHO, 1999, 2nd edition. pp. 53–63.

17. Consultations and Workshops: Dietary exposure assessment of chemicals in food: Report of a joint FAO/WHO consultation. Annapolis, Maryland, USA: WHO, 2–6 May 2005. 88 p.

18. CPSIA Status Report. Review of Metals in the Toy Safety Standard. ASTM F 963. 03/14/2012. USA: Consumer Product Safety Commission, 2012. 172 p.

19. Directive 2002/49/Ec Of The European Parliament And Of The Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities*, 2002, no. L189/12-L189/25. Available at: <http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm>.

20. Environmental Health Criteria 137. Electromagnetic Fields (300 HZ TO 300 GHZ). WHO, 1993. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm>.

21. Exposure assessment of microbiological hazards in food: guidelines. *MRA Series*. WHO, FAO, 2008, no. 7. Available at: <http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/mra7/en/index.html>.

22. Extremely Low Frequency Fields. *Environmental Health Criteria*. WHO, 2007, no. 238. 543 p.

23. Food safety risk analysis – A guide for national food safety authorities. *FAO food and nutrition paper*. Rome: FAO, WHO, 2006, vol. 87. 50 p.

24. Food Safety Risk Analysis. Part I: An Overview and Framework Manual. Provisional Edition. Rome: FAO, WHO, 2005. 86 p.

25. Food Standards Australia New Zealand. Principles and Practices of Dietary Exposure Assessment for Food Regulatory Purposes. 2009. 104 p.

26. Framework for Science-Based Risk Assessment of Micro-Organisms Regulated under the Canadian Environmental Protection Act. Environment Canada and Health Canada, 1999. 20 p.

27. Hazard characterization for pathogens in food and water: guidelines. *Microbiological risk assessment series*. FAO, WHO, 2003, no. 3. 76 p.

28. Microbial Risk Assessment Guideline. Pathogenic Microorganisms With Focus On Food And Water. The Interagency Microbiological Risk Assessment Guideline Workgroup, USDA, FSIS and EPA, 2012. 231 p.

29. Microbiological Risk Assessment in Food Processing. Ed. by Martyn Brown and Mike Stringer. CRC Press LLC, 2002. 301 p.

30. Night noise guidelines for Europe. WHO, 2009. 184 p.

31. Overview of the procedures currently used at EFSA for the assessment of dietary exposure to different chemical substances: scientific report of EFSA. *EFSA Journal*, Parma, Italy: European Food Safety Authority, 2011, vol. 9 (12), no. 2490, p. 33.

32. Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemical in Food. Chapter 6. Dietary exposure assessment of chemicals in food. FAO/WHO, 2009, P. 95.

33. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. *Environmental Health Criteria*. WHO, 2009, no. 240. Available at: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc240_index.htm.

34. Principles For The Assessment Of Risks To Human Health From Exposure To Chemicals: Environmental Health Criteria 210. WHO, 1999. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc210.htm>.

35. Principles For The Safety Assessment Of Food Additives And Contaminants In Food. *Environmental Health Criteria* / Geneva: International Programme On Chemical Safety, WHO, 1987, no. 70. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc70.htm>.

36. Report From The Commission on Dietary Food Additive Intake in the European Union. EC, 2011. 26 p.

37. Revised framework for microbial risk assessment: An ILSI Risk Science Institute Workshop Report. USA: International Life Sciences Institute, 2000. 27 p.
38. Risk Characterization of Microbiological Hazards in Food. *MRA Series*, WHO, FAO, 2009, no. 17. Available at: <http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/MRA17.pdf>.
39. The Future of Risk Assessment in the European Union. *The Second report on the Harmonisation of Risk Assessment Procedures*. Brussels: Scientific Steering Committee, EU, 2003. 112 p.
40. The Report of the Scientific Steering Committee's Working Group on Harmonisation of Risk Assessment Procedures in the Scientific Committees advising the European Commission in the area of human and environmental health. *First Report on the Harmonisation of Risk Assessment Procedures*. Brussels: Scientific Steering Committee, EU, 26–27 October 2000, part 1. 173 p.
41. Updating the Principles and Methods of Risk Assessment: MRLs for Pesticides and Veterinary Drugs. Rome: FAO, WHO, 2006. 47 p.

ACUTE ISSUES OF THE METHODOLOGICAL SUPPORT OF HEALTH RISK ASSESSMENT IN ENSURING PRODUCT SAFETY: FOREIGN EXPERIENCE AND CUSTOMS UNION PRACTICE

N.V. Zaitseva, P.Z. Shur

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

An analysis of the methodical support of product safety assessment demonstrated that human health risk criteria are widely used for chemical and microbiological hazardous factors in food products. Furthermore, when developing product risk assessment methodology, it is feasible to utilize the experience of assessment of a risk related to exposure to environmental factors. It is reasonable to supplement the existing methodical approaches to product safety assessment in Customs Union practice with risk evolution assessment, taking into account effects of various severity and with quantitative assessment of individual and population health risks in case of non-compliance with safety requirements.

Key words: product safety, methodical approaches, health risk assessment, Customs Union.

© Zaitseva N.V., Shur P.Z., 2013

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

Shur Pavel Zalmanovich – Professor, DSc in Medicine, Secretary of the Academic Council (e-mail: shur@fcrisk.ru, tel/fax: 8 (342) 237-25-34, 8 (342) 238-33-37).

УДК 614.71: 711.5

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ЭКСПОЗИЦИИ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ И НАТУРНЫХ ДАННЫХ О КАЧЕСТВЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

И.В. Май, С.В. Клейн, В.М. Чигвинцев, С.Ю. Балашов

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

Для корректной оценки ингаляционной экспозиции населения предложен и апробирован метод сопряжения результатов инструментальных измерений примесей и расчетов рассеивания загрязняющих веществ от выбросов стационарных и передвижных источников. Метод основан на установлении коэффициентов соответствия между расчетными концентрациями и натурными измерениями примесей в конкретных точках (к примеру, в точках постов мониторинга) и решении с использованием полученных коэффициентов задачи аппроксимации пространственных данных. Для этого выполняется решение системы линейных алгебраических уравнений для точек внутри треугольников, образованных на заданной территории методом триангуляции Делоне.

Апробация и верификация метода на примере крупного промышленного центра свидетельствует о повышении в 1,5–4 раза точности прогнозирования приземных концентраций в сравнении с применением метода аппроксимации данных постов наблюдения с помощью обратных расстояний или расчетов рассеивания. Метод обеспечивает более корректное зонирование территории и определение численности населения, находящегося в условиях кратковременного и/или длительного (хронического) воздействия.

Ключевые слова: атмосферный воздух, оценка экспозиции, расчет рассеивания, инструментальные измерения, точность прогноза.

Высокое качество оценки экспозиции является неотъемлемой частью корректной оценки риска для здоровья и, соответственно, надежности и правильности всей системы принятия решений, основанных на ее результатах. Ряд отечественных и зарубежных исследований, связанных с анализом риска для здоровья при воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух, выполнен с использованием расчетов рассеивания выбросов отдельных стационарных источников и автотранспорта или их

совокупности [2, 8]. Расчетная оценка распространения компонентов выбросов обладает рядом положительных сторон: позволяет построить полноценную пространственную модель загрязнения территории, дает возможность определять концентрацию в любой точке изучаемого участка, оценивать изменение концентраций в зависимости от задаваемых метеорологических условий, режимов работы стационарных источников и/или интенсивности транспортных потоков. Анализ карт загрязнения

© Май И.В., Клейн С.В., Чигвинцев В.М., Балашов С.Ю., 2013

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

Клейн Светлана Владиславовна (Пермь, Россия) – кандидат медицинских наук, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Чигвинцев Владимир Михайлович (Пермь, Россия) – научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления (e-mail: cvm@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

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

с учетом расположения жилой застройки обеспечивает возможность оценки распределения экспозиции по численности населения, выделения контингентов с наиболее высокими параметрами экспозиции. Существенно важным является и возможность установления конкретного источника загрязнения воздуха и, в конечном итоге, – риска для здоровья. Недостатком расчетного метода является зависимость истинности получаемых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере от надежности входных параметров, качества выбранной математической модели и достаточности информации для реализации этой модели [8].

Во избежание неточностей расчетных методов ряд ученых применяют прямые инструментальные исследования, которые дают более точные оценки качества окружающей среды [1, 7, 14]. Зачастую таким способом анализа экспозиции отдается предпочтение перед результатами расчетов. Однако следует отметить, что прямое измерение качества среды всегда характеризует ее состояние в данный момент или период времени в конкретной точке территории. Уровень надежности натурных исследований в части оценки пространственных различий точек на территории недостаточно высок и весьма зависит от числа постов наблюдения, расположенных на ней. Для территорий крупных промышленных центров требуется значительное число постов мониторинга, чтобы пространственная картина загрязнения города была достаточно корректна [8, 10]. При этом остается актуальной задача интер- и экстраполяции данных постов мониторинга на прилегающие и отдаленные территории. В литературе описаны методы интерполяции данных (метод обратных расстояний, метод Криге, Шепарда, триангуляции с линейной интерполяцией и т.п.) [3, 12, 13]. В основу методики расчета уровней загрязнения по данным стационарных постов наблюдения Росгидромета положен метод обратных расстояний, который используется в настоящее время наиболее широко при ин-

терпретации данных о качестве атмосферного воздуха, в том числе при расчете фоновых концентраций примесей [10]. Однако все рассмотренные методы ориентированы на преобразование либо только инструментальных, либо только расчетных данных.

В этой связи задача разработки метода, сочетающего положительные стороны расчетного моделирования и инструментальных измерений для адекватной оценки качества атмосферного воздуха на значительной территории, где под воздействием выбросов стационарных и передвижных источников загрязнения проживает значительное число населения, представляется актуальной и перспективной.

Цель исследования – разработка и апробация методических подходов к повышению качества оценки ингаляционной экспозиции населения крупного города на основе сопряжения расчетных и натурных данных о качестве атмосферного воздуха.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования был выбран г. Пермь – краевой центр, характеризующийся стабильно повышенным уровнем загрязнения атмосферы.

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ выполняли с применением унифицированных программ расчетов загрязнения атмосферы «Эколог-город» и «Эколог-средние», которые реализуют математический аппарат ОНД-86 и дополнения к данному документу [5, 6]. Использовали базу данных, состоящую из сведений о 11,2 тысяч стационарных источниках выбросов промышленных предприятий и организаций города. Данные были получены из ведомостей инвентаризации хозяйствующих субъектов (по материалам актуальных проектов предельно допустимых выбросов или санитарно-защитных зон предприятий). Все источники имели привязку к векторной карте города в локальной системе координат и характеризовались геометрическими, аэродинамическими параметрами и данными о массе выброса каждой примеси (г/с, т/год), достаточными для выполнения рас-

четов рассеивания по методике ОНД-86, стандартизованной для Российской Федерации¹.

Расчеты рассеивания вредных веществ выполняли в семи точках стационарных постов на территории города и в 176 тысячах точек регулярной сетки (расчетный прямоугольник 50500×34800 м) при разных метеорологических условиях и периодах осреднения.

Одновременно, применяя программный комплекс «Магистраль», выполняли расчеты выбросов (г/с, т/год) для 1329 участков улично-дорожной сети (УДС) города с учетом интенсивности, структуры транспортных потоков (рассматриваемые участки составляли 85 % от общей длины УДС города), с учетом почасовой динамики изменчивости указанных параметров потоков.

Данные об измеренных на 7 постах наблюдения Росгидромета разовых, среднесуточных и среднегодовых концентрациях 40 химических примесей были предоставлены Пермским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Информация о концентрациях сопровождалась сведениями о метеопараметрах, при которых были выполнены измерения.

Все исследования осуществлялись с использованием стандартизованных методик и поверенных средств измерения.

Для верификации методики в 14 точках на территории города, не вошедших в расчеты, силами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» и лабораторно-испытательного центра ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» были выполнены дополнительные инструментальные исследования. Расположение постов мониторинга и точек проведения инструментальных замеров приведено на рис. 1. Результаты измерений были предоставлены в виде официально оформленных таб-

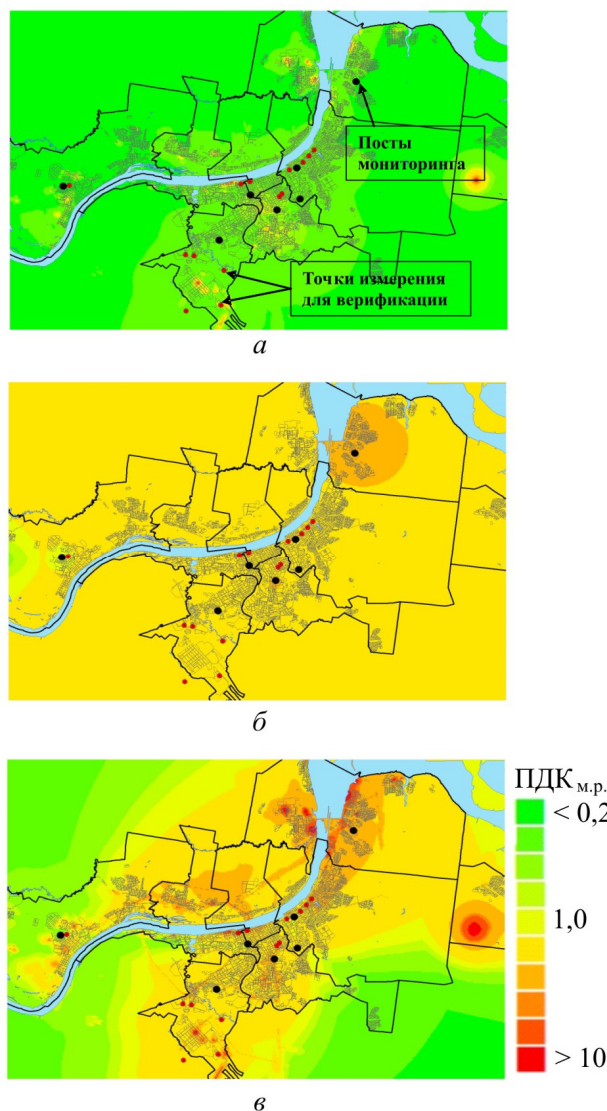


Рис. 1. Пространственное распределения загрязнения атмосферного воздуха г. Перми диоксидом азота (лето 2012 г., штиль, темп. 25–26 °С): по данным расчетов рассеивания (а), с учетом аппроксимации данных постов мониторинга методом обратных расстояний (б), с учетом аппроксимации данных предлагаемым методом (в)

лиц или протоколов исследований. Все точки отборов проб были нанесены на карту территории и имели координатную привязку в городской системе координат.

Для сравнительной оценки предлагаемых подходов выполняли пространственный анализ с использованием методики «обратных расстояний», предложенной в РД 52.04.186-89 [10]. Метод основан на определении «центра тяжести» сети постов наблюдений – точки, координаты которой представляют собой среднее арифметиче-

¹ Технический документ, отражающий сравнение применяемой в Российской Федерации модели с американской Гауссовой моделью расчета загрязнения атмосферы, свидетельствует о том, что результаты расчетов загрязнения воздуха по сравниваемым методикам близки [14].

ское из соответствующих координат постов наблюдений и интерполяции данных внутри окружности радиусом $1,1R$, где R – расстояние между «центром тяжести» и наиболее удаленным постом, по формуле

$$C_{x,y} = \frac{\sum C_k / r_k}{\sum 1 / r_k}, \quad (1)$$

где C_k – установленные концентрации на k -м посту наблюдения и в рассматриваемой точке (для соответствующей градации скорости и направления ветра); r_k – расстояние от рассматриваемой точки (x, y) до k -го поста.

Вне окружности проводится экстраполяция по формуле

$$C_{x,y} = \frac{\sum C_k / r_k}{\sum 1 / r_k^0} + c(1 - 1,1 \frac{R}{r^0}), \quad (2)$$

где r_k^0 – расстояние от k -го поста до точки пересечения окружности и прямой, соединяющей рассматриваемую точку с центром тяжести; r^0 – расстояние от рассматриваемой точки до центра тяжести, а c – «загородный» фон [8].

Результаты обработки данных отображали в среде геоинформационной системы ArcCGIS 9.3 с применением векторной карты территории. Для оценки экспозиции изолинии уровней загрязнения пересекали с тематическими слоями, характеризующими места размещения детских образовательных учреждений, жилой застройки, зон рекреации и т.п.

Результаты и их обсуждение. Предложен метод оценки экспозиции населения на основе сопряжения расчетных и инструментальных данных о качестве атмосферного воздуха [4], который реализуется через следующие последовательные шаги:

- формирование актуальной максимальной полной электронной базы данных о стационарных и передвижных источниках загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории;

- выполнение расчетов рассеивания по регулярной сетке с возможно частым шагом по прямоугольнику, захватывающему всю исследуемую территорию;

- расчет приземных концентраций в каждой точке, где выполнялись инструментальные исследования. Для аппроксимации среднегодовых данных в качестве таких точек рассматривали места размещения стационарных постов системы Росгидромета, для аппроксимации данных разовых уровней загрязнения – все места проведения инструментальных измерений, в том числе в ходе маршрутных, подфакельных или иных исследований;

- вычисление коэффициентов соответствия в точках проведения инструментальных исследований с целью сопряжения расчетных и натурных концентраций загрязняющих веществ в соответствии с формулой

$$K_i = \frac{C_i^p}{C_i^r}, \quad (3)$$

где i – номер точки (поста наблюдения); C_i^r – расчетные концентрации загрязняющего вещества на i -м посту наблюдений; C_i^p – фактические концентрации загрязняющего вещества на i -м посту наблюдений.

Сопоставления расчетных и натурных данных при сопряжении разовых концентраций выполняются только для единообразных метеорологических условий;

- соединение методом триангуляции Делоне точек постов наблюдения непересекающимися отрезками так, чтобы новый отрезок уже нельзя было добавить без пересечения с имеющимися [2];

- определение принадлежности каждой точки, расположенной внутри многоугольника, образуемого внешними точками инструментальных измерений, к одному из получившихся треугольников с условиями: точка соединяется отрезками с вершинами каждого из треугольников; если площадь исходного треугольника равна сумме площадей образовавшихся трёх треугольников $S = S_1 + S_2 + S_3$, то считается, что точка принадлежит данному треугольнику; если $S < S_1 + S_2 + S_3$, то данная точка не принадлежит данному треугольнику;

- расчет значения коэффициента соответствия во всех точках внутри многоуголь-

ника. Считали, что распределение коэффициента соответствия внутри многоугольника, образуемого точками постов наблюдения, представляет собой непрерывную линейную функцию двух переменных, которая может быть записана в следующем виде:

$$K(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y, \quad (4)$$

где a_0 , a_1 , a_2 – произвольные постоянные коэффициенты.

Коэффициенты соответствия на постах, образующих треугольник, обозначали как k_1 , k_2 , k_3 ; решение системы трех линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 :

$$k_i \equiv K(x_i, y_i) = a_0 + a_1x_i + a_2y_i, \quad i = \overline{1,3}. \quad (5)$$

Решив систему (5), получали однозначное выражение функции (4) через ее узловые значения и значения коэффициентов во всех точках, лежащих внутри многоугольника, образуемого точками постов инструментальных измерений;

– экстраполяция значений коэффициента соответствия для точек, лежащих вне полученного многоугольника. Значения коэффициента для этих точек принимали равными коэффициентам в ближайшей точке, лежащей на границе многоугольника, образуемого точками инструментальных измерений. В результате получали аппроксимированные значения коэффициента соответствия во всех узлах регулярной сетки;

– вычисление концентраций загрязняющих веществ в каждой расчетной точке на исследуемой территории согласно формуле (4):

$$C^r(x, y) = K(x, y) \cdot C^p(x, y), \quad (6)$$

где C^r – аппроксимированные концентрации загрязняющего вещества в расчетной точке (x, y) ; K – коэффициент соответствия в расчетной точке (x, y) ; C^p – суммарные расчетные концентрации (от стационарных источников выбросов и автотранспорта) загрязняющего вещества в расчетной точке (x, y) .

Полученные результаты представляли собой данные приземных концентраций за-

грязняющих веществ, в том числе в точках регулярной сетки, покрывающей системно всю исследуемую территорию, где интер- и экстраполяция стационарных постов наблюдения скорректированы с учетом особенностей распространения примесей от реальных источников загрязнения атмосферного воздуха – промышленных предприятий, автомагистралей и т.п. В точках инструментальных измерений (постов наблюдения) концентрация всегда имела истинное измеренное значение (для заданных метеорологических условий), а изменение содержания примесей по территории было учтено через результаты моделирования.

Реализация ряда расчетов для системы точек, покрывающих всю территорию города, и направленные натурные исследования позволили получить данные для сравнительного анализа результатов моделирования и инструментальных измерений.

В таблице в качестве примера приведены статистические параметры сравнения прогнозируемых концентраций диоксида азота с измеренными в 14 точках. Для верификации методики были выбраны неблагоприятные метеорологические условия как позволяющие максимально устранить неопределенности, связанные с неустойчивой скоростью и направлением ветра.

Полученные данные свидетельствовали о том, что расчеты рассеивания давали систематически заниженные результаты. Ни в одной из точек не были получены фактические концентрации на уровне или ниже значений, рассчитанных на основе сводной базы данных об источниках. Абсолютная ошибка прогнозируемых уровней колебалась в рамках конкретного исследования в диапазоне от 0,11 до 1,5 ПДК_{мр}, что в целом не позволяет использовать эти результаты для надежных оценок риска для здоровья.

Средние абсолютные ошибки метода обратных расстояний, когда используются только данные стационарных постов, и метода сопряжения натуральных и расчетных данных были ниже и составляли по модулю соответственно 0,465 и 0,255 ПДК_{мр} при диапазонах ошибок от –0,680 до 1,0 и от –

Погрешности прогноза приземных концентраций диоксида азота в атмосферном воздухе г. Перми (штиль, скорость ветра 0–0,5 м/с, температура воздуха 25–26 °С)

Номер точки	Координаты точки		Измеренное значение, доли ПДК _{мр}	Δ (абсолютная ошибка прогноза), ПДК _{мр}		
				Расчетный метод	Аппроксимация данных постов методом обратных расстояний	Аппроксимация методом сопряжения расчетных и натурных данных
1	2572	888	1,1000	0,6629	–0,175	0,160
2	3854	1641	1,3200	1,1085	0,511	0,418
3	4395	2285	2,4000	1,1200	1,003	–0,242
4	4884	2883	1,9200	1,0300	0,520	0,200
5	–1086	–305	2,1500	0,8800	0,510	0,290
6	–1926	–547	2,1440	1,5559	0,282	–0,225
7	1671	–1835	0,9500	1,1928	0,710	0,360
8	1915	–1529	1,4500	0,7800	–0,240	0,400
9	–3475	–9303	1,2700	0,9868	–0,429	0,240
10	–7050	–7700	1,4200	1,3041	–0,054	–0,180
11	–6275	–7825	1,9100	1,4654	–0,680	–0,192
12	–7007	–13389	1,3500	1,0912	0,450	0,150
13	–3779	–12804	2,1500	1,3200	–0,590	0,294
14	–11580	2690	1,1000	0,1100	–0,365	–0,240
Средняя абсолютная ошибка ($ \overline{\Delta} $)				1,043	0,465	0,255
Среднее квадратичное отклонение (σ)				1,101	0,521	0,2681

0,240 до 0,410 соответственно. При этом среднеквадратичное отклонение, которое характеризует рассеяние вариационного ряда, было почти вдвое ниже при применении разработанного метода. Закономерностей между отклонениями расчетных данных от измеренных значений между результатами, полученными разными методами, установлено не было.

Аналогичные результаты были получены при сопоставлении прогнозных и инструментальных данных по диоксиду серы, фенолу и бензолу. В целом полученные вычисления свидетельствовали о том, что предлагаемые методические подходы позволяют повысить точность оценки содержания загрязняющих примесей в атмосферном воздухе.

Поскольку экспозиция является мерой контакта фактора опасности с человеком, крайне важным с позиций предлагаемого метода представлялся пространственный анализ качества воздуха города и оценка численности населения, проживающего под его воздействием.

Установлено, что сопряжение расчетных и натурных данных существенно изменяло представление о пространственном распределении загрязнения по территории города (см. рис. 1).

Так, было установлено, что зона загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота в период неблагоприятных метеорологических условий формируется на значительно большей территории, чем это прогнозировалось по данным моделирования. Соответственно, численность населения, попадающего в зону экспозиции на уровне выше 1 ПДК_{мр}, может составлять более 800 тыс. человек (при количестве порядка 12 тыс. по данным расчетов). Картина загрязнения была существенно более детальна при сравнении аппроксимированных данных с результатами, полученными с применением методов обратных расстояний, в соответствии с которыми практически вся территория города характеризовалась однородным загрязнением на уровне 2–4 ПДК_{мр}. Аналогичные результаты были получены при пространственном анализе

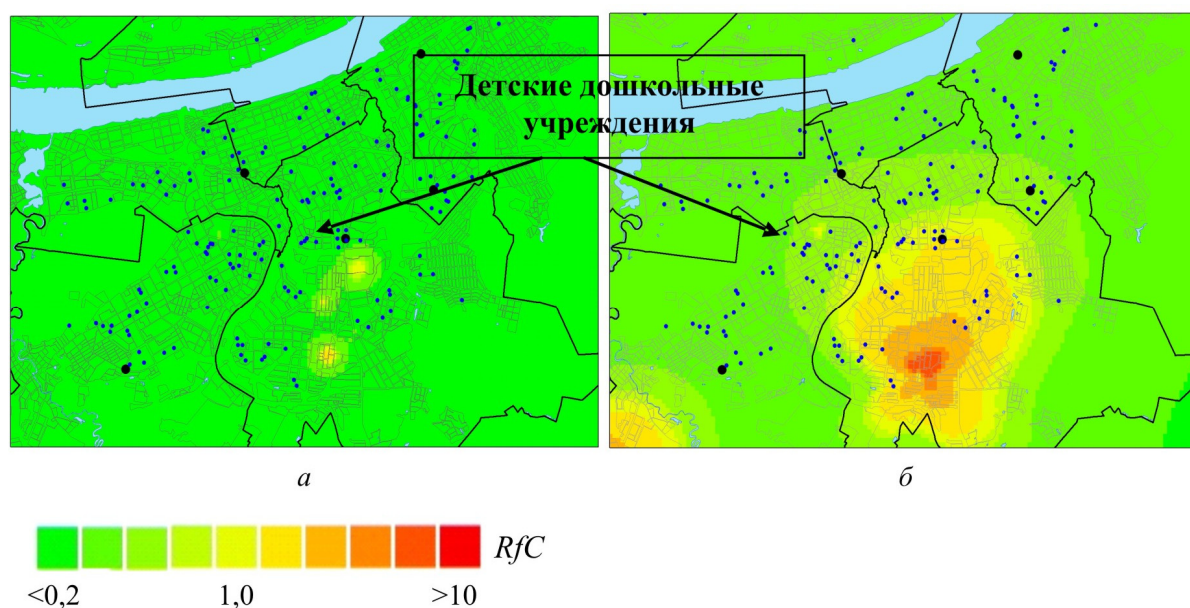


Рис. 2. Зонирование территории города по уровню среднегодовой концентрации фенола в атмосферном воздухе и расположение в зонах различной экспозиции детских дошкольных учреждений по данным расчетов рассеивания (*a*), с учетом аппроксимации данных предлагаемым методом (*б*)

ситуации по другим примесям: оксиду азота, оксиду углерода, аммиаку, хлористому водороду, фенолу.

Существенным результатом применения разработанных подходов представлялось уточнение пространственных характеристик среднегодового загрязнения атмосферного воздуха территории и выделение зон с уровнем экспозиции, позволяющим предполагать недопустимый риск для здоровья населения (рис. 2).

Так, было определено, что в зоне влияния источников выбросов фенола, в условиях среднегодовой приземной концентрации на уровне выше референтного значения для хронических воздействий ($0,06 \text{ мг/м}^3$), расположено более 20 детских дошкольных учреждений и значительная часть жилого фонда одного из районов города.

По результатам сопряженного анализа выделены несколько зон с уровнями среднегодового загрязнения атмосферного воздуха бензолом выше референтных концентраций ($0,03 \text{ мг/м}^3$). Численность населения под этим воздействием составляет более 80 тыс. человек. Выявлены и описаны зоны с экспозицией выше референтных уровней

для хронических воздействий ряда тяжелых металлов, фтористых соединений, сероводорода. Зоны характеризовались различной численностью населения (от 2,0 до 140 тыс. человек) и различными уровнями экспозиции. Однако все эти территории и характеристика проживающего населения требуют проведения углубленных гигиенических исследований, включая оценку рисков для здоровья, и разработки программ профилактических и реабилитационных мероприятий.

В ходе апробации методических подходов определено, что сопряжение расчетных и натурных данных по таким примесям, как формальдегид, хлорид водорода и различные виды пылей для исследуемой территории не представляется целесообразным в силу крайне существенных превышений значений фактически измеренных концентраций над расчетными (коэффициенты соответствия в точках постов мониторинга достигали 200 раз и более при оптимуме = 1,0). Это позволяло предполагать либо низкое качество данных об источниках выбросов, либо необходимость учета таких процессов, как трансформация примесей.

В целом предлагаемые методические подходы, основанные на сопряжении расчетных и инструментальных данных о качестве атмосферного воздуха, обеспечивают повышение точности выполняемых оценок содержания опасных для здоровья загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, повышают надежность пространственного анализа при выделении зон потенциального недопустимого риска для здоровья и установлении численности населения, проживающего под воздействием факторов опасности.

Список литературы

1. Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. Воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 1.
2. Бобкова Т.Е. Значение функционального зонирования города // Здоровье населения и среда обитания. – 2009. – № 6. – С. 11–14.
3. Дэвис ДЖ. С. Статистический анализ данных в геологии. – М.: Недра, 1990. – Т. 1, 2.
4. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Европейская серия. – Региональные публикации ВОЗ. – Прага, 1997. – № 85. – 288 с.
5. Мишина А.Л. использование методологии оценки риска для управления качеством атмосферного воздуха // Здоровье населения и среда обитания. – 2009. – № 6. – С. 26–29.
6. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М., 1991. – 641 с.
7. Санитарно-гигиеническая оценка атмосферного воздуха и оценка канцерогенного риска для здоровья населения в крупном промышленном городе / В.В. Гасилин, Е.П. Бочаров, К.Х. Вахитов, Г.О. Попов, А.А. Айзатуллин // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 4 (241). – С. 42–44.
8. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. – 128 с.
9. Центр пространственных исследований. Геостатистический анализ. – URL: <http://www.geointellect.spb.ru/?id=157> (дата обращения: 15.10.2013).
10. Шайгарданова Ч.Х., Хамитова Р.Я. Оценка риска, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха, для здоровья детей дошкольного возраста г. Нижнекамска // Практическая медицина. – 2008. – № 30. – С. 115–116.
11. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Костин Н.В. Методы синтетического картографирования территории (на примере эколого-информационной системы «VOLGABAS») // Количественные методы экологии и гидробиологии: сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова / отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – С. 167–227.
12. Fushimi A., Kawashima H., Kajihara H. Source apportionment based on an atmospheric dispersion model and multiple linear regression analysis // Atmospheric Environment. – 2005. – Т. 39, № 7. – С. 1323–1334.
13. GIS-based national Emission inventory of major VOCs and risk assessment. Part II – Quantitative verification and risk assessment using an air dispersion model / B.K. Kwak, J.H. Kim, J. Yi, H.-S. Park, N.G. Kim, K.A. Choi // Korean Journal of Chemical Engineering. – 2010. – Т. 27, № 1. – P. 121–128.
14. Hanna S.R. Review of atmospheric diffusion models for regulatory applications // WMO Technical Note. – 1982. – № 12.

References

1. Berezhnaja E.V. Ocenka riska dlja zdorov'ja naselenija g.Voronezha pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv, zagraznjajushhih atmosfornyj vozduh [Human health risk assessment of exposure to chemical substances polluting ambient air in the city of Voronezh]. *Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii*, 2013, no. 1, pp. 1–6.
2. Bobkova T.E. Znachenie funkcional'nogo zonirovanija goroda [The meaning of urban functional zoning]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2009, no. 6, pp. 11–14.
3. Djevis DZh. S. Statisticheskij analiz dannyh v geologii [Statistical data analysis in geology]. Moscow: Nedra, 1990. Vol. 1–2.
4. Monitoring kachestva atmosfernogo vozduha dlja ocenki vozdejstvija na zdorov'e cheloveka [Ambient air quality monitoring for health impact assessment]. *Regional'nye publikacii WHO, Evropejskaja serija*, Praga: WHO, 1997, no. 85. 288 p.
5. Mishina A.L. ispol'zovanie metodologii ocenki riska dlja upravlenija kachestvom atmosfernogo vozduha [Using the risk assessment methodology for ambient air quality management]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2009, no. 6, pp. 26–29.
6. Rukovodstvo po kontrolju zagraznenija atmosfery. RD 52.04.186-89 [Guidelines on air pollution monitoring. RD 52.04.186-89]. Moscow, 1991. 641 p.
7. Gasilin V.V., Bocharov E.P., Vahitov K.H., Popov G.O., Ajzatullin A.A. Sanitarно-gigienicheskaja ocenka atmosfernogo vozduha i ocenka kancerogenennogo riska dlja zdorov'ja naselenija v krupnom promyshlennom gorode

[Environmental health assessment of ambient air and carcinogenic risk assessment in a large industrial city]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitaniya*, 2013, no. 4 (241), pp. 42–44.

8. Skvortsov A.V. Trianguljacija Delone i ee primenenie [Delaunay triangulation and its application]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 2002. 128 p.

9. Centr Prostranstvennyh Issledovanij. Geostatisticheskij analiz [Center for Spatial Research. Geostatistical analysis], available at: <http://www.geointellect.spb.ru/?id=157>.

10. Shajgardanova Ch.H., Hamitova R.Ja. Ocenka riska, obuslovlennogo zagrizneniem atmosfernogo voduza, dlja zdorov'ja detej doskol'nogo vozrasta g.Nizhnekamska [The assessment of a risk related to ambient air pollution in pre-school children in the city of Nizhnekamsk]. *Prakticheskaja medicina*, 2008, no. 30, pp. 115–116.

11. Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Kostin N.V.. Metody sinteticheskogo kartografirovanija territorii (na primere jekologo-informacionnoj sistemy "VOLGABAS") [Methods for synthetic mapping of an area (a VOLGABAS environmental information system case study)]. *Kolichestvennye metody jekologii i gidrobiologii (Sbornik nauchnyh trudov, posvjashhennyj pamjati A.I. Bakanova)*. Ed. chl.-korr. RAN G.S. Rozenberg. Tol'jatti: SamNC RAN, 2005, pp. 167–227.

12. Fushimi A., Kawashima H., Kajihara H. Source apportionment based on an atmospheric dispersion model and multiple linear regression analysis. *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, no. 7, pp. 1323–1334.

13. Kwak B.K., Kim J.H., Yi J., Park H.-S., Kim N.G., Choi K. A GIS-based national Emission inventory of major VOCs and risk assessment. Part II – Quantitative verification and risk assessment using an air dispersion model. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 2010, vol. 27, no. 1, pp. 121–128.

14. Hanna, S.R., Review of Atmospheric Diffusion Models for Regulatory Applications. *World Meteorological Organization Technical Note No. 177*, Geneva, Switzerland: WMO, 1982, no. 581. 42 p.

METHODICAL APPROACHES TO INCREASING THE ACCURACY OF EXPOSURE ASSESSMENT BASED ON THE CONJUGATION OF SIMULATION AND MONITORING DATA ON AMBIENT AIR QUALITY

I.V. May, S.V. Kleyn, V.M. Chigvintsev, S.Yu. Balashov

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

To make the assessment of human inhalation exposure more accurate, the study proposed and validated a method for the conjugation of data obtained by the monitoring of air pollutants and the calculations of the dispersion of emissions from stationary and mobile sources. The method is based on the determination of the concordance coefficients between the simulation and monitoring of pollutants at certain points (for example in air monitoring stations) and on the solution using the concordance coefficients of a system of linear algebraic equations for points inside triangles produced by Delaunay triangulation in a given area.

The validation and verification of the method in a large industrial center case study suggests a 1.5 to 4 enhancement of the accuracy of forecasting ground level concentrations in comparison with the approximation of the data obtained from monitoring stations by the inverse distance method or dispersion calculations. The method provides a more correct zoning and the determination of the number of individuals residing in an area of short-term and / or long-term (chronic) exposure.

Key words: ambient air, exposure assessment, dispersion calculations, monitoring, accuracy of forecasting.

© May I.V., Kleyn S.V., Chigvintsev V.M., Balashov S.Yu., 2013

Mai Irina Vladislavovna (Perm, Russia) – DSc, Professor, Deputy Director for Science (e-mail: may@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-25-47).

Kleyn Svetlana Vladislavovna – PhD, Head of the Department of Sanitary and Hygienic Analysis and Monitoring Systemic Methods (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

Chigvintsev Vladimir Mikhaylovich – fellow research of Situation Modeling and Expert and Analytical Management Techniques Laboratory (e-mail: cvm@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

Balashov Stanislav Yurjevich – Head of the Sanitary and Hygienic Analysis and Expert Examinations Laboratory (e-mail: stas@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

УДК 614.71; 551.588

УЧЕТ РЯДА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЙ ПРИ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПРОГНОЗИРОВАНИИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

М.А. Креймер, В.В. Турбинский

ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора,
Россия, 630108, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, д. 7

Изучены закономерности влияния климата на изменение концентраций в приземном слое атмосферного воздуха. Показано, что для оценки результатов социально-гигиенического мониторинга важно учитывать факторы, влияющие на санитарные показатели качества воздуха и «поведение» ингредиентов в нем: растворимость, изменение физико-химических свойств, химические реакции, поглощение биосферой. Для моделирования риска здоровью необходимо знать постоянную циркулирующую часть, метеорологические и орографические условия нарушения баланса между поступлением и удалением (стоком) ингредиентов из атмосферы. Риск возникает при комбинации метеопараметров, приводящих к превышению критических пороговых уровней опасности ингредиента. В расчетах норм предельно допустимых выбросов необходимо учитывать коэффициенты циркуляции для каждого ингредиента в отдельности, выбрасываемого в атмосферу.

Ключевые слова: вредные вещества в атмосферном воздухе, гигиеническая оценка, климатические показатели, социально-гигиенический мониторинг.

Для регулирования качества атмосферного воздуха посредством инженерных, градостроительных и экономических решений применяются гигиенические нормативы – максимально разовые и среднесуточные предельно допустимые концентрации вредных веществ (СанПиН 2.1.6.1032-01, п. 2.1). Для предотвращения влияния на здоровье при кратковременном подъеме и длительном поступлении в организм человека (СанПиН 2.1.6.1032-01, п. 2.3), а также для возмещения ущерба, причиненного здоровью (СанПиН 2.1.6.1032-01, п. 4.2.8), необходим мониторинг атмосферных процессов рассеивания, накопления критических доз и оценки возникновения обстоятельств риска [1, 2].

Для совершенствования санитарно-гигиенических заключений по результатам мониторинга, оценки риска здоровью в таблице приведены расчеты по типичным ингредиентам: взвешенные вещества (пыль), диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO), диоксид азота (NO_2), оксид азота (NO), фе-

нол ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), сажа, фтористый водород (HF), аммиак (NH_3), формальдегид (CH_2O), контролируемым в атмосферном воздухе города Новосибирска на 11 метеорологических постах в 2008 г.

Наличие уровней примесей ниже порога определения («нулевых значений») делает необъективной среднее арифметическое значение всей выборки. Показатели качества атмосферного воздуха населенных мест для пыли, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, сажи, SO_2 , HF и NH_3 могут рассматриваться как асимметричное распределение, то есть до 40 % проб занижают значение действующей величины. Только для CO, NO_2 , NO и CH_2O статистическая оценка распределения характеризует гигиенические эффекты.

Средняя арифметическая, установленная в санитарно-гигиенических целях, может быть типичной только для однородной выборки. В гигиене атмосферного воздуха представительная средняя может быть установлена только для значений, не превы-

© Креймер М.А., Турбинский В.В., 2013

Креймер Михаил Абрамович – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: ngi@cn.ru, тел.: 8 (383) 343-34-01).

Турбинский Виктор Владиславович – кандидат медицинских наук, директор (e-mail: ngi@cn.ru, тел.: 8 (383) 343-34-01).

Характеристика метеорологических показателей и гигиенических закономерностей в оценке загрязнения атмосферного воздуха города и прогнозирования риска

Параметр	Пыль	SO ₂	CO	NO ₂	NO	Фенол	Сажа	HF	NH ₃	CH ₂ O
Доля определений на уровне концентраций ниже порога определения («нулевые значения»), %	81	44	9	3	4	55	64	59	39	6
Доля определений концентраций на уровне 1 ПДК _{ср} и ниже, %	85	98	95	10	35	65	96	79	76	6
Доля определений концентраций выше 1 ПДК _{ср} но ниже 10 ПДК _{ср} , %	15	2	5	90	65	34	4	21	24	70
Доля определений концентраций на уровне 10 и более ПДК _{ср} , %	0	0	0	0,1	0,02	1,3	0,04	0,3	0,4	24
Максимально установленное значение концентрации в ПДК _{ср}	4	3	3	19	13	26	11	13	17	27
Частота встречаемости в течение 2008 г. максимальных значений 10 и более ПДК _{ср} в расчете на 1000 или 10000 измерений	не регистрируется									
Вклад в течение года температуры воздуха (°C) в изменение концентрации ингридента в атмосферном воздухе. Коэффициент детерминации, %	2,0 прямая	3,7 обратная	0,6 прямая	0,5 прямая	0,1 обратная	0,5 прямая	5,7 обратная	Нет	0,5 прямая	1,9 прямая
Вклад изменения скорости ветра (м/с) в течение года в изменение концентрации ингридента в атмосферном воздухе. Коэффициент детерминации, %	Нет	Нет	1,8 обратная	0,2 обратная	0,3 обратная	1,2 обратная	0,5 обратная	Нет	0,4 прямая	0,1 обратная
Уравнение множественной регрессии по данным наблюдения за 2008 г. $C \text{ (мг/м}^3\text{)} = K + A_q T \text{ (}^\circ\text{C)} + B V_q \text{ (м/с)}$ (при $q = 7, 13 \text{ и } 19$ часов)	$K_7 = 0,207$ $A_7 = 0,001$ $B_7 = -0,003$	$K_7 = 0,002$ $A_7 = -0,00006$ $B_7 = 0,00003$	$K_7 = 1,895$ $A_7 = -0,069$ $B_7 = -0,027$	$K_7 = 0,124$ $A_7 = 0,0002$ $B_7 = -0,002$	$K_7 = 0,086$ $B_7 = -0,001$	$K_7 = 0,004$	$K_7 = 0,02$ $A_7 = -0,0007$ $B_7 = -0,001$	$K_7 = 0,003$	$K_7 = 0,03$	$K_7 = 0,02$ $A_7 = 0,0001$
	$K_{13} = 0,189$ $A_{13} = 0,002$ $B_{13} = 0,003$	$K_{13} = 0,002$ $A_{13} = -0,00006$	$K_{13} = 1,747$ $A_{13} = 0,01$ $B_{13} = -0,027$	$K_{13} = 0,116$ $A_{13} = 0,0004$	$K_{13} = 0,082$	$K_{13} = 1,452$ $A_{13} = 0,02$ $B_{13} = -0,1$	$K_{13} = 0,02$ $A_{13} = -0,0004$	$K_{13} = 0,003$	$K_{13} = 0,03$ $A_{13} = 0,0003$ $B_{13} = 0,001$	$K_{13} = 0,02$ $A_{13} = 0,0001$
	$K_{19} = 0,205$ $A_{19} = 0,001$	$K_{19} = 0,002$ $A_{19} = -0,00005$	$K_{19} = 1,911$ $B_{19} = -0,047$	$K_{19} = 0,122$ $A_{19} = 0,0003$ $B_{19} = -0,001$	$K_{19} = 0,087$ $B_{19} = -0,001$	$K_{19} = 0,003$	$K_{19} = 0,02$ $A_{19} = -0,0006$ $B_{19} = -0,001$	$K_{19} = 0,003$	$K_{19} = 0,03$ $A_{19} = 0,0003$ $B_{19} = 0,002$	$K_{19} = 0,02$ $A_{19} = 0,0001$
		-10 и -75	-191,5 -205,02	+21,3 и -11,1	-152 и -163,6	+182 и +43		+19,9 и -87,2	-33,3 и -77,75	-19 и -92
Температура кипения и плавления, °C										

шающих норматив ПДК_{сс}. В данном диапазоне определений находятся значения пыли, сажи, SO₂, CO, HF и NH₃.

Второй однородной выборкой являются измерения, свидетельствующие о превышении ПДК_{сс}, но не выходящие за токсикологический параметр 10 ПДК_{сс}. В данном диапазоне определений находятся значения NO₂, NO и CH₂O.

Третья выборка, основанная на принципах пороговости и на измерениях, превышающих 10 ПДК_{сс}, может свидетельствовать о клинических эффектах неспецифического характера. К данному уровню прогнозирования негативного действия на здоровье человека можно отнести CH₂O (24 % проб более 10 ПДК_{сс}), C₆H₅OH (1,3), NH₃ (0,4), HF (0,3), NO₂ (0,1), сажу (0,04) и NO (0,02).

Максимальные концентрации ингредиентов свидетельствуют о невычисляемой комбинации метеопараметров, в результате которой в городе возникают условия выраженного и существенного риска здоровью человека. Установлено, что наибольшую опасность формируют: CH₂O с максимальными концентрациями около 27 ПДК_{сс} и частотой встречаемости в течение года в 2 случаях на 10 тыс. измерений; C₆H₅OH с максимальными концентрациями около 26 ПДК_{сс} и частотой встречаемости в течение года 4 значения на 10 тыс. измерений. NO₂ – около 19 ПДК_{сс}, 1 значение на 10 тыс. измерений; NH₃ – около 17 ПДК_{сс}, 4 значения на 10 тыс. измерений; HF – около 13 ПДК_{сс}, 1 значение на 1 тыс.; NO – около 13 ПДК_{сс}, 2 значения на 10 тыс. измерений; сажа – около 11 ПДК_{сс}, 1 значение на 10 тыс. измерений. Для пыли, SO₂ и CO максимально установленная величина в течение 2008 г. не превышала 5 ПДК_{сс}.

По данным измерения ингредиентов в течение 2008 г. вклад температуры атмосферного воздуха и скорости воздушных масс является незначительным и разнонаправленным. Коэффициент детерминации температуры отражает влияние на концентрацию и составляет: для сажи – 5,7 %; для SO₂ – 3,7 %, для пыли – 2,0 % и для CH₂O –

1,9 %. Коэффициент детерминации скорости ветра в воздухе отражает влияние на концентрацию CO – 1,8 % и на C₆H₅OH – 1,2 %.

Метеорологические процессы характеризуются следующей протяженностью: в течение суток – при смене дня и ночи; в виде четырех сезонов года – с выраженными температурными перепадами, видами осадков, направлением ветра и образованием инверсий. В совокупности эти закономерности имеют годовую цикличность с экологической вариабельностью и многолетними солнечно-земными связями. Для оценки суточных колебаний концентраций ингредиентов рассчитывалось уравнение множественной регрессии

$$C \text{ (мг/м}^3\text{)} = K + A_q T \text{ (}^\circ\text{C)} + B V_q \text{ (м/с)}$$

(при $q = 7, 13$ и 19 часов).

Значение K (постоянный член уравнения) при температуре и скорости равной нулю свидетельствует о нахождении в атмосферном воздухе «постоянной» концентрации, поддерживаемой за счет природных и техногенных процессов поступления и метеорологических процессов выведения. K , как показатель среднего уровня загрязнения, не зависит от времени отбора проб в течение суток для пыли, SO₂, NO, сажи, HF, NH₃ и CH₂O. Значения коэффициентов при параметрах температуры и ветра в множественном уравнении регрессии отражают процессы поступления и выноса ингредиентов из атмосферы.

Независимый коэффициент уравнения (K) в утреннее и вечернее время составил 0,2 и равнялся медиане, моде и среднеарифметическому значению статистического распределения содержания пыли в атмосферном воздухе г. Новосибирска в 2008 г. В полдень K снижался за счет влияния температуры (T) и ветра (V) вследствие увеличения солнечной активности. В утренние часы действие ветра на значения концентрации пыли в приземном слое носило обратный характер, а в вечернее время – разнонаправленный. Взвешенные вещества в зимний сезон года находятся на уровне 0,1 мг/м³ (мода), а в остальные сезоны – 0,2.

Поступление и вынос пыли из атмосферы не нарушает установленный баланс загрязнения по *K*. Осень является сезоном риска здоровью за счет резкого повышения концентраций пыли до 4 ПДК_{сс}.

Расчетное время жизни в атмосфере SO₂ [3, 4] составляет 4–5 суток и, по нашим данным, составляет концентрацию 0,002 мг/м³ в атмосфере г. Новосибирска. Окисление до сульфатов озоном или после абсорбции твердыми или жидкими аэрозолями приводит к снижению концентрации, а преимущественно за счет сжигания угля и нефтепродуктов – к ее восстановлению. Помимо экологических процессов при прогнозировании риска необходимо учитывать изменение агрегатного состояния SO₂, которое происходит при температуре воздуха –10 °С. Так SO₂ в газообразном виде образует уровни загрязнения в диапазоне значений от 0,0 до 0,03 мг/м³ и средней арифметической 0,0012. При температуре атмосферного воздуха ниже кипения SO₂ уровни загрязнения повышаются и находятся в пределах от 0,0 до 0,172 мг/м³ и средней арифметической 0,0036.

Расчетное время жизни в атмосфере NO, как и NO₂ [3, 4], составляет 5 суток. Окисление до нитратов после поглощения твердыми и жидкими аэрозолями, фотохимическая реакция с углеводородами способствуют выведению ингредиента из атмосферы. Изменение агрегатного состояния проходит при температуре ниже максимально установленной в 2008 г. (–31 °С).

HF меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре +19,9 °С и с жидкого на твердое при –87,2 °С. Содержание HF в газообразном состоянии не описывается множественным уравнением регрессии, а в атмосферном воздухе HF в жидком состоянии при температуре менее +19 °С описывается множественным уравнением регрессии, в котором только *K* является значимой величиной, равной 0,0032.

Расчетное время жизни в атмосфере NH₃ [3, 4] составляет 7 суток. Удаление NH₃ происходит в результате реакции с SO₂ с образованием (NH₄)₂SO₄, окисление до

нитратов. Растворимость NH₃ в атмосферной влаге самая высокая среди рассматриваемых ингредиентов (62,9 г на 100 г воды). NH₃ меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре –33,3 °С и с жидкого на твердое при –77,2 °С, что ниже максимально установленной в 2008 г. (–31 °С).

CH₂O меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре –19,9 °С и с жидкого на твердое при –92 °С. Содержание CH₂O в газообразном состоянии описывается следующим множественным уравнением регрессии

$$C_{\text{CH}_2\text{O}} = 0,0218 + 0,00009 T.$$

Содержание CH₂O в жидком агрегатном состоянии описывается следующим множественным уравнением регрессии

$$C_{\text{CH}_2\text{O}} = 0,0224 - 0,0012 V.$$

Колебание *K* в течение суток для CO, NO₂ и C₆H₅OH отражает следующие экологические закономерности.

Расчетное время жизни в атмосфере CO [3, 4] составляет 0,3–3 года и обусловлено помимо атмосферных циркуляций почвенными процессами и поглощением растительностью. Осенью больше всего встречается нулевых проб (около половины) при определении концентраций CO. Средние арифметические значения концентрации, медиана и мода не превышают 1,2 мг/м³, а максимально обнаруженные составляют не более 5 мг/м³. Зимой доля нулевых проб снижается до 36,7 %, весной – до 13,2 %, а летом – до 4,5 %. Соответственно растут средние арифметические показатели загрязнения, но максимальные концентрации определялись только в зимний период. Такие закономерности отражают биосферные процессы поглощения окислов углерода при *K* от 1,7 до 1,9. Среди всех контролируемых ингредиентов CO характеризуется самой низкой растворимостью в воде – 0,00284 г на 100 г воды.

Расчетное время жизни в атмосфере NO₂, как и NO [3, 4], составляет 5 суток. Окисление до нитратов после поглощения

твердыми и жидкими аэрозолями, фотохимическая реакция с углеводородами способствует выведению ингредиента из атмосферы. NO₂ до –11,1 °С находится в твердом состоянии. Концентрация в таком агрегатном состоянии описывается множественным уравнением регрессии

$$C_{\text{NO}_2} = 0,194 + 0,0033 T - 0,0044 V.$$

В диапазоне температур от –11,1 °С до +20,7 °С NO₂ находится в жидком состоянии, концентрация которого описывается:

$$C_{\text{NO}_2} = 0,115 + 0,0008 T.$$

В диапазоне температур выше +20,7 °С находится в газообразном состоянии, концентрация описывается:

$$C_{\text{NO}_2} = 0,114 + 0,0018 V.$$

Среди всех контролируемых ингредиентов NO₂ характеризуется низкой растворимостью в воде – 0,00618 г на 100 г воды.

C₆H₅OH меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре +188,7 °С и с жидкого на твердое при +40,9 °С. Изменение агрегатного состояния проходит при температуре выше максимально установленной в 2008 г. (+36 °С). Колебание концентраций в течение суток может быть обусловлено техногенными факторами.

Солнечная активность изменяет агрегатное состояние ингредиентов и способствует физико-химическим реакциям в атмо-

сфере. Поступление ингредиентов в атмосферу и удаление (сток) приводят к тому, что некоторое время ингредиенты циркулируют в атмосферном воздухе и создают длительное (хроническое) действие на организм человека. Метеорологические измерения не всегда отражают санитарные условия проживания человека. Высокие концентрации ингредиентов в атмосферном воздухе не определяются простыми и доступными метеорологическими параметрами (температура воздуха, скорость ветра).

Для оценки результатов социально-гигиенического мониторинга важно учитывать факторы, влияющие на санитарные показатели качества воздуха и «поведение» ингредиентов в атмосфере: растворимость, изменение физико-химических свойств, химические реакции, поглощение биосферой.

Для моделирования риска здоровью необходимо знать постоянную циркулирующую часть, метеорологические и орографические условия нарушения баланса между поступлением и удалением (стоком) ингредиентов из атмосферы. Риск возникает при комбинации метеопараметров, приводящих к превышению критических пороговых уровней опасности ингредиента.

В расчетах норм предельно допустимых выбросов по методике ОНД-86 необходимо иметь коэффициенты циркуляции для каждого ингредиента, выбрасываемого в атмосферу, в отдельности.

Список литературы

1. МР 2.1.10.0057-12. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска / Роспотребнадзор. – М., 2012. – 48 с.
2. МУ 2.1.6.792-99. Выбор базовых показателей для социально-гигиенического мониторинга (атмосферный воздух населенных мест): методические указания / утверждены главным государственным санитарным врачом РФ 19 ноября 1999 г. – URL: http://www.eko-partner.ru/actual_legislation/35/ (дата обращения: 20.02.2013).
3. Химия нижней атмосферы. – М.: Мир, 1976 – С. 156–157.
4. Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. – М.: Мир, 1965. – С. 15.

References

1. Ocena riska i ushherba ot klimaticheskikh izmenenij, vlijajushhih na povyshenie urovnja zaboлеваemosti i smertnosti v gruppah naselenija povyshennogo riska. Rospotrebnadzor MR 2.1.10.0057-12 [An assessment of risk

and damage from climatic changes influencing an increase in disease incidence and death in high-risk population groups. Methodical guidelines of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance 2.1.10.0057-12]. Moscow, 2012. 48 p.

2. Vybor bazovykh pokazatelej dlja social'no-gigienicheskogo monitoringa (atmosfera) (The choice of basic indicators for social and hygiene monitoring (ambient air in populated areas)). Methodical guidelines MU 2.1.6.792-99. Utverzhdeny Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 19 nojabrja 1999 g. Available at: http://www.eko-partner.ru/actual_legislation/35.

3. Himija nizhnjej atmosfery [Chemistry of the lower atmosphere]. Moscow: Mir, 1976, pp. 156–157.

4. Junge H. Himicheskiy sostav i radioaktivnost' atmosfery [The chemical content and radioactivity of the atmosphere]. Moscow: Mir, 1965, p. 15.

TAKING INTO ACCOUNT A NUMBER OF CLIMATIC INDICATORS IN ENVIRONMENTAL HEALTH ASSESSMENT OF AMBIENT AIR AND IN HEALTH RISK FORECASTING

M.A. Kreymer, V.V. Turbinskiy

FBSI «Novosibirsk Research Institute of Hygiene» of the Federal Service
on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance,
Russian Federation, Novosibirsk, 7 Parkhomenko St., 630108

The study investigated the mechanisms of climate's influence on changes in concentrations in ground-level ambient air. It was shown that to evaluate the results of social and environmental health monitoring, it is important to take into consideration factors, which influence health indicators of air quality and the behavior of ambient air constituents, i.e. solubility, changes in their physicochemical properties, chemical reactions and absorption by the biosphere. To model a health risk, one needs to know the constantly circulating air masses, meteorological and orographic conditions of balance disturbance between the constituents' entrance to and leave from the atmosphere. A risk emerges at the combination of meteorological parameters leading to an exceedance of critical hazard threshold levels of a constituent. To calculate the standards for maximum permissible emissions, it is necessary to take into account circulation indices separately for each constituent emitted into the atmosphere.

Key words: hazardous substances in ambient air, environmental health assessment, climatic indicators, social and environmental health monitoring.

УДК 613.634

ОБОСНОВАНИЕ РЕПЕРНОГО УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ ВАНАДИЯ В БИОСРЕДАХ (КРОВЬ) НАСЕЛЕНИЯ

М.А. Землянова¹, Т.С. Уланова¹, О.О. Сеницына², О.В. Гилева¹

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

² Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт экологии человека
и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина»,
Россия, 119992, Москва, ул. Погодинская, д. 10, стр. 1.

Представлены комплексная гигиеническая оценка объектов среды обитания, расположенных в зоне влияния феррованадиевого производства; результаты химико-аналитического и лабораторного исследования биологических сред (кровь) населения, проживающего в различных зонах экспозиции; корреляционные зависимости «доза – концентрация ванадия в крови» и «маркер экспозиции – маркер эффекта». На основании результатов эпидемиологических исследований обоснованы ответные реакции организма на хроническую внешнесредовую экспозицию ванадием, установлен реперный уровень ванадия в крови.

Ключевые слова: ванадий, кровь, реперный уровень, эпидемиологические исследования.

Современные негативные тенденции в изменении показателей здоровья населения определяются комплексом факторов среды обитания человека [7]. Особенно эти изменения характерны для монопрофильных городов с градообразующими предприятиями [5]. Наибольший риск для здоровья населения городов, в первую очередь с размещением металлургического производства, представляют тяжелые металлы, относящиеся к первому классу опасности, к которым принадлежит и ванадий.

Город Чусовой Пермского края по данным ежегодного отчета о «Состоянии и охране окружающей среды Пермского края в 2011 году» находится на четвертом месте среди муниципальных образований края по антропогенной нагрузке. Основным источником загрязнения атмосферы

воздуха г. Чусовой является градообразующее предприятие – ОАО «Чусовской металлургический завод», крупнейший в Европе производитель феррованадиевых сплавов, который ежегодно выбрасывает в атмосферу свыше 12 тонн пентоксида ванадия [16].

Данные гигиенической оценки результатов мониторинговых и натурных исследований качества атмосферного воздуха г. Чусовой свидетельствуют о превышении (до 6 раз) референтного уровня при хроническом ингаляционном воздействии для пентоксида ванадия, характеризующегося направленным токсическим действием на органы дыхания. Для подтверждения реализации опасности развития заболеваний органов дыхания, обусловленных ненадлежащим качеством ат-

© Землянова М.А., Уланова Т.С., Сеницына О.О., Гилева О.В., 2013

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

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

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

Гилева Ольга Владимировна – химик лаборатории методов элементного анализа (e-mail: lelyum1986@yandex.ru, тел.: 8 (342) 2-33-10-37).

мосферного воздуха по содержанию пентоксида ванадия, актуальным является обоснование реперного уровня содержания ванадия в крови.

Исследование и оценка содержания ванадия в объектах среды обитания на уровне референтных концентраций и ниже, а также в биосубстратах человека могут быть осуществимы только при наличии современного высокочувствительного и селективного метода определения. Оптимальным для выполнения данных задач является метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, который был положен в основу разработанного комплекса количественных методов определения ванадия в атмосферном воздухе и крови человека [2, 12].

Цель настоящей работы – обоснование реперного уровня ванадия в биосредах населения (кровь) при хроническом ингаляционном воздействии.

Материалы и методы. Использован комплекс санитарно-гигиенических, эпидемиологических и статистических методов, математические методы расчета распространения пентоксида ванадия в атмосферном воздухе от источников изучаемого производства, методы расчета экспозиции и показателя отношения шансов. Выполнено моделирование причинно-следственных связей. Исследования проведены на территориях, характеризующихся различным уровнем загрязнения атмосферного воздуха и питьевой воды ванадием в результате выбросов и сбросов производства феррованадиевых сплавов. По результатам расчетов рассеивания пентоксида ванадия в атмосферном воздухе, верифицированных данными натурных наблюдений за период 2010–2011 гг., расчетов суммарной средней суточной дозы хронической экспозиции выделено 9 зон экспозиции (зоны наблюдения), расположенных на расстоянии от 0,2 до 10 км от источника загрязнения объектов среды обитания. Зона с наименьшим уровнем экспозиции ванадия выбрана в качестве контрольной.

Методами химико-аналитического контроля определяли содержание ванадия в ат-

мосферном воздухе (в пересчете на его пентоксид) [11], питьевой воде и в крови экспонируемого населения [2]. Кровь выбрана в качестве биосубстрата для количественной оценки содержания токсиканта в связи с тем, что концентрация элементов в крови имеет более высокую корреляционную зависимость от абсорбированной дозы в сравнении с другими биологическими средами и потому наиболее адекватно отражает экспозицию [13]. Кроме этого, концентрация металлов в крови, в том числе ванадия, является маркером хронической экспозиции металлов [19].

Количественное определение ванадия в объектах среды обитания и крови человека осуществляли на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies, USA). Определение ванадия в атмосферном воздухе выполняли в соответствии с МУК 4.1. 2953 – 11 [12], диапазон определения 0,000005–50,0 мг/м³. Определение ванадия в крови проводили в режиме с октопольной/реакционной ячейкой, в качестве газа ячейки использовали гелий [17]. Контроль результатов анализа крови проводили с помощью эталонного материала с аналогичной структурой матрицы, для этой цели использовали стандартные образцы крови в различных диапазонах концентраций SERONORM L1-L3 (Norway).

Для углубленного исследования сформирована выборка 950 детей в возрасте от 4 до 7 лет (по 150 человек из каждой зоны экспозиции, в том числе мальчиков – 51,6%, девочек – 48,4%), проживающих в условиях экспозиции ванадием не менее 1 года. Выборка характеризовалась одинаковой этнической и расовой принадлежностью, весо-ростовыми показателями, не выходящими за пределы $\pm 15\%$ по весоростовому индексу Кетле. Дети не принимали лекарственные препараты, оказывающие выраженное влияние на гемодинамику, функцию печени и др. (барбитураты, омепразол, циметидин и т.д.), менее чем за 30 дней до начала исследования. По социально-бытовым критериям выборка детей соответствовала среднему

уровню материальной обеспеченности, жилищные условия отвечали гигиеническим нормативам. Биомедицинские исследования выполнены в соответствии с обязательным соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г., с национальным стандартом РФ ГОСТ-Р 52379-2005.

Исследование иммунологических (иммуноглобулин А, М, Е общий, иммуноглобулин G специфический к ванадию, фагоцитоз) и биохимических показателей (АЛАТ, АСАТ, общий белок), характеризующих развитие негативных эффектов при ингаляционном и пероральном пути поступления с питьевой водой изучаемого металла [10], выполнено унифицированными методами [8]. По отклонениям лабораторных показателей относительно физиологической нормы при различных уровнях содержания ванадия в крови [17] проводили оценку ответных реакций организма на хроническую экспозицию ванадия.

Для подтверждения адекватности использования концентрации ванадия в крови в качестве критерия воздействия хронической экспозиции определяли зависимость средней концентрации ванадия в крови от среднегодовой концентрации ванадия (в пересчете на пентоксид ванадия) в атмосферном воздухе исследуемых зон экспозиции за одинаковый период наблюдений.

Обоснование маркеров эффекта выполнено на основании установления и оценки связи отклонения исследуемых лабораторных показателей от физиологической нормы с концентрацией ванадия в крови. Для этого использовали многоступенчатое вычисление показателя отношения шансов (OR) [17]. По показателю отношения шансов (OR) оценивали наличие и силу этой связи. В качестве критерия наличия связи принимали условие $OR \geq 1$.

Оценку параметров зависимости показателя отношения шансов отклонения лабораторного показателя у экспонированных

детей относительно контрольной группы проводили методом построения регрессионной модели в виде экспоненциальной функции: $OR = e^{a_0 - a_1 x}$, где OR – отношение шансов, x – средняя годовая концентрация ванадия в крови детей, mg/dm^3 , a_0 , a_1 – параметры модели, определяемые методом регрессионного анализа. Проверку адекватности модели осуществляли дисперсионным анализом с использованием критерия Фишера [4]. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$ [2].

При определении реперного уровня учитывали доверительные границы модели, которые дают возможность получить интервальные 95 % оценки. При этом величине, соответствующую верхней 95%-ной доверительной границе полученной модели, принимали в качестве реперной концентрации [11].

Результаты и обсуждение. По данным расчетов рассеивания и собственных натурных замеров за исследуемый период (2010–2011 гг.) в атмосферном воздухе изучаемой территории с размещением феррованадиевого производства средняя годовая концентрация ванадия (в пересчете на пентоксид ванадия) находилась в пределах от $1,97 \cdot 10^{-5}$ до $42,2 \cdot 10^{-5} mg/m^3$. Полученный диапазон среднегодовых концентраций составил от 0,01 до 0,21 ПДК_{СС} в соответствии с ГН 2.1.6.1338-03 [4] или от 0,28 RfC_{cr} (референтная концентрация при хроническом ингаляционном воздействии) до 6,04 RfC_{cr} в соответствии с Руководством 2.1.10.1920-04 [14] (табл. 1). В атмосферном воздухе контрольной зоны средняя годовая концентрация ванадия составила $0,19 \cdot 10^{-5} mg/m^3$, что соответствует 0,001 ПДК_{СС} или 0,03 RfC_{cr} .

В питьевой воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения изучаемых зон экспозиции концентрация ванадия варьировалась в пределах от $0,4 \cdot 10^{-5}$ до $5,0 \cdot 10^{-5} mg/dm^3$, что составляло от 0,00004 до 0,0005 ПДК в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 [15] или от 0,000003 до 0,00004 RfD_{cr} в соответствии с Руководством 2.1.10.1920-04 [14]. В питьевой воде контрольной зоны средняя годо-

Таблица 1

Средняя годовая концентрация ванадия в атмосферном воздухе
(в пересчете на пентоксид ванадия)

Зона экспозиции	Атмосферный воздух		Питьевая вода	
	Средняя годовая концентрация, мг/м ³ ($M \pm m$)	HQ	Средняя годовая концентрация, мг/дм ³ ($M \pm m$)	Доля ПДК (0,1 мг/дм ³)
1 (контроль)	$0,19 \cdot 10^{-5} \pm 0,05 \cdot 10^{-5}$	0,027	$0,2 \cdot 10^{-5} \pm 0,02 \cdot 10^{-5}$	0,00002
2	$1,97 \cdot 10^{-5} \pm 0,51 \cdot 10^{-5}$	0,281	$0,4 \cdot 10^{-5} \pm 0,01 \cdot 10^{-5}$	0,00004
3	$2,41 \cdot 10^{-5} \pm 0,39 \cdot 10^{-5}$	0,344	$0,6 \cdot 10^{-5} \pm 0,03 \cdot 10^{-5}$	0,00006
4	$3,08 \cdot 10^{-5} \pm 0,71 \cdot 10^{-5}$	0,440	$4,0 \cdot 10^{-5} \pm 1,0 \cdot 10^{-5}$	0,0004
5	$4,06 \cdot 10^{-5} \pm 0,26 \cdot 10^{-5}$	0,579	$3,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,8 \cdot 10^{-5}$	0,0003
6	$6,11 \cdot 10^{-5} \pm 0,48 \cdot 10^{-5}$	0,770	$3,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,0003
7	$15,86 \cdot 10^{-5} \pm 1,73 \cdot 10^{-5}$	2,266	$2,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,4 \cdot 10^{-5}$	0,0002
8	$24,12 \cdot 10^{-5} \pm 2,46 \cdot 10^{-5}$	3,445	$1,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,3 \cdot 10^{-5}$	0,0001
9	$42,27 \cdot 10^{-5} \pm 3,83 \cdot 10^{-5}$	6,039	$5,0 \cdot 10^{-5} \pm 0,2 \cdot 10^{-5}$	0,0005

вая концентрация ванадия составила $0,1 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³, что соответствует 0,00001 ПДК или $0,000001 RfD_{сг}$.

Количественная оценка хронической экспозиции ванадия при ингаляционном и пероральном с питьевой водой путях поступления в организм детей исследуемой выборки показала, что суммарная средняя суточная доза ванадия при годовой экспозиции составила $2,5 \cdot 10^{-5} - 5,0 \cdot 10^{-4}$ мг/(кг·сут.). Вклад аэрогенного фактора в суммарную среднюю суточную дозу ванадия составил от 94,2 до 99,8 %. В контрольной зоне суммарная средняя суточная доза ванадия в течение года составляла $2,0 \cdot 10^{-7}$ мг/(кг·сут.). Приоритетными критическими органами при ингаляционном пути поступления ванадия являются органы дыхания (сенситизация); при пероральном пути – печень, желудочно-кишечный тракт [14].

Полученные результаты оценки экспозиции согласуются с данными ранее выполненных исследований [1, 9, 19, 20], в которых авторы в качестве основного пути поступления пентоксида ванадия в организм человека указывают на вдыхание паров и аэрозолей, содержащихся в атмосферном воздухе.

Средняя годовая концентрации ванадия в крови детей зон экспозиции составила от 0,00054 до 0,009 мг/дм³, что соответствует от 0,62 до 10,3 *RL* (табл. 3). У детей контрольной зоны концентрация ванадия в крови составила 0,00012 мг/дм³, что соответствует 0,14 *RL* [15] (табл. 2).

Средняя годовая концентрация ванадия в крови детей является маркером хронической экспозиции ванадия, что подтверждено наличием достоверной прямой зависимости ($r=0,75$, $p=0,0005$) средней годовой

Таблица 2

Концентрация ванадия в крови детей в зонах экспозиции

Зона экспозиции	Концентрация, мг/дм ³			Доля от верхней границы референтного предела в крови ($RL = 0,00006 - 0,00087$ мг/дм ³)
	средняя ($M \pm m$)	минимальная	максимальная	
1 (контроль)	$0,00042 \pm 0,00008$	0,000042	0,000501	0,48
2	$0,00054 \pm 0,00004$	0,000321	0,000763	0,62
3	$0,00061 \pm 0,00011$	0,000395	0,000875	0,70
4	$0,00097 \pm 0,00018$	0,000655	0,001121	1,12
5	$0,00268 \pm 0,00035$	0,000951	0,003271	3,08
6	$0,00307 \pm 0,00028$	0,001151	0,005972	3,52
7	$0,00398 \pm 0,00044$	0,002734	0,007424	4,57
8	$0,00805 \pm 0,00015$	0,006541	0,01245	9,25
9	$0,00900 \pm 0,00022$	0,00701	0,01366	10,3

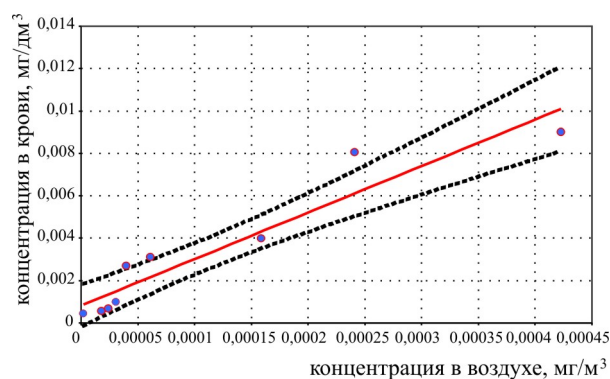


Рис. Зависимость средней концентрации ванадия в крови детей от среднегодовой концентрации ванадия (по пентоксиду ванадия) в атмосферном воздухе в зонах экспозиции

концентрации ванадия в крови от средней годовой концентрации ванадия в атмосферном воздухе исследуемых зон (за одинаковый период наблюдений) (рисунок). Математическая модель, описывающая анализируемую зависимость, представляет собой линейное уравнение вида: $y = 0,00078x + 21,95$, где y – концентрация ванадия в крови, мг/дм³; x – концентрация ванадия в атмосферном воздухе, мг/м³.

В результате исследований и оценки параметров зависимости показателя отношения шансов отклонения лабораторных показателей у экспонированных детей от концентрации ванадия в крови определены маркеры эффекта: повышение IgG специфического к ванадию, повышение IgE общего, повышение активности АСАТ, снижение общего белка, снижение IgA в сыворотке крови, снижение фагоцитарного числа в крови (табл. 3).

Расчет недействующей (реперной) концентрации ванадия в крови для каждого маркера эффекта позволил получить ряд 95% верхних доверительных границ реперных среднегодовых концентраций ванадия в крови (табл. 4).

В результате сопоставления значений верхней 95%-ной доверительной границы уровней ванадия в крови в полученном ряду маркеров эффектов установлено, что лимитирующим показателем вредности являлось повышение IgG специфического к ванадию в сыворотке крови, реперный уровень для которого составил 0,0023 мг/дм³.

Таблица 3

Параметры моделей зависимости «концентрация ванадия в крови – отношение шансов отклонения лабораторного показателя» ($p \leq 0,0005$)

Лабораторный показатель (маркер эффекта)	Направление изменения показателя	Параметры модели		Критерий Фишера (F)	Достоверность (p)	Коэффициент детерминации (R^2)
		a_0	a_1			
IgG специфический к ванадию	Повышение	-1,51	629,1	147,77	0,000	0,78
АСАТ	Повышение	-1,06	365,5	32,92	0,000	0,27
IgE общий	Повышение	-2,36	786,7	188,23	0,000	0,74
Общий белок	Снижение	-3,36	1050,0	724,77	0,000	0,24
IgA	Снижение	-2,89	760,5	535,15	0,000	0,58
IgG	Снижение	1,24	243,1	137,48	0,000	0,45

Таблица 4

Реперные уровни ванадия в крови для анализируемых показателей

Лабораторный показатель	Направление изменения показателя	Доверительные границы, мг/дм ³	
		верхняя	нижняя
IgG специфический к ванадию	Повышение	0,0023	0,0026
АСАТ	Повышение	0,0026	0,0032
IgE общий	Повышение	0,0029	0,0033
Общий белок	Снижение	0,0031	0,0033
Фагоцитарное число	Снижение	0,0035	0,0040
IgG	Снижение	0,0039	0,0046
IgA	Снижение	0,0048	0,0054

Использование данного показателя в качестве лимитирующего показателя вредности при повышенном содержании ванадия в крови является патогенетически обоснованным, так как поступление в бронхиальное дерево ванадия и его взаимодействие с рецепторами альвеолярных макрофагов эпителии бронхов и альвеол приводит к синтезу специфических иммунокомпетентных белков (ИЛ4, ИЛ6, ИЛ10) и формированию пула Т-лимфоцитов (клеток памяти), обеспечивающих выработку (через В-клетки) специфического иммуноглобулина (типа IgG) к ванадию [6]. Следовательно, оценка специфической сенсибилизации к ванадию по критерию повышения IgG является иммунологическим критерием химической сенсибилизации к ванадию в условиях его экспозиции.

Выводы. Предлагаемый методический подход позволил обосновать реперный уровень ванадия в крови, который составил 0,0023 мг/дм³. Наиболее чувствительным показателем ответной реакции

организма на воздействие ванадия является повышение содержания IgG специфического к ванадию. Данная концентрация ванадия в крови может быть рекомендована в качестве безопасной при комплексном хроническом воздействии ванадия, обеспечивающей допустимый риск здоровью. Реперная концентрация ванадия в крови целесообразна для использования при решении задач социально-гигиенического мониторинга, повышения эффективности биомониторинга, проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз причинения вреда здоровью населения в условиях хронической экспозиции ванадия.

Разработанный комплекс высокочувствительных масс-спектрометрических методов (ICP-MS) позволил оценить фактическое содержание ванадия в атмосферном воздухе на уровне референтной концентрации, высокоселективно определять содержание ванадия в крови в широком диапазоне концентраций [14].

Список литературы

1. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V – VIII групп: справочное издание / А.Л. Бандман, Н.В. Волкова, Т.Д. Грехова [и др.] / под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1989. – 117 с.
2. Гилева О.В. Методические приемы количественного определения ванадия в биосредах методом масс – спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора / под ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2012. – С. 140–143.
3. Гланц С. Медико-биологическая статистика / под ред. Н.Е. Бузикашвили и соавт. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
4. ГН 2.1.6.1338-03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – URL: http://snipov.net/c_4819_snip_106868.html (дата обращения: 01.10.2013).
5. Детерминированные экологические факторы риска для здоровья населения моногородов / В.М. Боев, М.В. Боев, Л.М. Тулина, А.А. Неплохов // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 39–44.
6. Долгих О.В., Кеворков Н.Н. Особенности функционального состояния иммунной системы в условиях воздействия низкомолекулярных химических соединений // Медицинская иммунология. – 2002. – Т.4, № 3. – С. 473–476.
7. 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. 14–26.
8. Лабораторные методы исследования в клинике: справочник / под ред. В.В. Меньшикова. – М.: Медицина, 1987. – 366 с.
9. Лазарев Н.В. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей. Неорганические и элементоорганические соединения. – 7-е изд., пер. и доп. – Л.: Химия, 1977. – Т. III. – 608 с.
10. МР № ФЦ/3415 от 19.11.1999. Перечень приоритетных показателей для выявления изменений состояния здоровья детского населения при вредном воздействии ряда химических факторов среды обитания: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 36 с.
11. МР 2.1.10.0062-12 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения. Количественная оценка неканцерогенного риска при

воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей: методические рекомендации. – Пермь: ПГТУ, 2000. – 38 с.

12. МУК 4.1. 2953 – 11. Определение массовой концентрации ванадия в атмосферном воздухе методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. – М., 2011. – 13 с.

13. 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.

14. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

15. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – URL: <http://www.etch.ru/norma.php?art=2> (дата обращения: 18.08.2013).

16. Состояние и охрана окружающей среды Пермского края в 2012 году: доклад / Управление по охране окружающей среды Министерства природных ресурсов Пермского края. – URL: <http://www.permecology.ru/reports2012.php> (дата обращения: 04.10.2013).

17. Тиц Н. Клиническое руководство по лабораторным тестам. – М.: ЮНИМЕД-пресс, 2003. – 960 с.

18. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. – М.: Медиа Сфера, 1998. – 352 с.

19. Draft Toxicology Profile for Vanadium. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2012, September. – 255 p.

20. Screening Assessment for the Challenge. Vanadium oxide (Vanadium pentoxide) // Environment Canada. Health Canada. – 2010, September. – 100 p.

References

1. Bandman A.L., Volkova N.V., Grehova T.D. Vrednye himicheskie veshhestva. Neorganicheskie soedineniya V–VIII grupp: Spravochnoe izdanie [Adverse chemical substances. The group V to VIII inorganic compounds: a reference book]. Ed. V.A. Filova. Leningrad: Himiya, 1989. 117 p.

2. Gileva O.V. Metodicheskie priemy kolichestvennogo opredeleniya vanadiya v biosredah metodom mass – spektrometrii s induktivno svyazannoy plazmoy [Methodical approaches to quantitative determination of vanadium in biomedica using inductively coupled plasma mass spectrometry]. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'ju naseleniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh i specialistov Rospotrebnadzora*. Ed. G.G. Onishhenko, N.V. Zajceva. Perm', 16–18 may 2012, pp. 140–143.

3. Glanc S. Mediko-biologicheskaja statistika [Biomedical statistics]. Ed. N.E. Buzikashvili i soavt. Moscow: Praktika, 1998. 459 s.

4. GN 2.1.6.1338-03. PDK zagraznjajushhih veshhestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest [Environmental Health Standards GN 2.1.6.1338-03. MACs of contaminants in ambient air of populated areas]. Uтверждено Главным государственным санитарным врачом РФ 21 мая 2003 г., с изменениями от 3 ноября 2005 г., 4 февраля 2008 г., 27 января 2009 г. Available at: http://snipov.net/c_4819_snip_106868.html.

5. Boev V.M., Boev M.V., Tulina L.M., Neplov A.A. Determinirovannye jekologicheskie faktory riska dlja zdorov'ja naselenija monogorodov [Determined ecological health risk factors in single factory towns]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 2, pp. 39–44.

6. Dolgih O.V., Kevorkov N.N. Osobennosti funkcional'nogo sostojanija immunnoj sistemy v uslovijah vozdejstvija nizkomolekuljarnykh himicheskikh soedinenij [Characteristics of the functional condition of the immune system under exposure to low molecular weight chemical compounds]. *Medicinskaja immunologija*, 2002, vol. 4, no. 3, pp. 473–476.

7. Zajceva N.V., Maj I.V., Klejn S.V. K voprosu ustanovlenija i dokazatel'stva vreda zdorov'ju naselenija pri vyjavenii nepriemlemogo riska, obuslovlennogo faktorami sredy obitanija [On the determination and proof of damage to human health in the identification of an unacceptable risk caused by environmental factors]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 2, pp. 14–26.

8. Laboratornye metody issledovanija v klinike: spravochnik [Laboratory Methods in the clinic: a reference book]. Edit by V.V. Men'shikova. Moscow: Medicina, 1987. 366 p.

9. Lazarev N.V. Vrednye veshhestva v promyshlennosti. Spravochnik dlja himikov, inzhenerov i vrachej. Neorganicheskie i jelementoorganicheskie soedinenija [Adverse industrial substances. A reference book for chemists, engineers and physicians. Inorganic and organo-elemental compounds]. 7-e izd., pererabotanye i dopolnenye. Leningrad: Himiya, 1977, vol. III. 608 p.

10. Metodicheskie rekomendacii «Perechen' prioritetnykh pokazatelej dlja vyjavenija izmenenij sostojanija zdorov'ja detskogo naselenija pri vrednom vozdejstvii rjada himicheskikh faktorov sredy obitanija» ot

19.11.1999. [Methodical guidelines «A list of major indicators to identify health changes in children exposed to adverse environmental chemical factors» dated 19.11.1999]. No. FC/3415. Available at: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_68761.html.

11. MR 2.1.10.0062-12 2.1.10 Sostojanie zdorov'ja naselenija v svjazi s sostojaniem okruzhajushhej prirodnoj sredy i uslovijami prozhivaniya naselenija. Kolichestvennaja ocenka nekancerogenogo riska pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv na osnove postroenija jevoljucionnyh modelej. Metodicheskie rekomendacii MR [Methodical guidelines MR 2.1.10.0062-12 2.1.10. Population health condition due to natural environmental and dwelling conditions. Quantitative assessment of non-carcinogenic risk of exposure to chemical substances based on building evolutionary models. Methodical guidelines MR]. Moscow: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2012. 36 p.

12. MUK 4.1. 2953 – 11. Opredelenie massovoj koncentracii vanadija v atmosfernom vozduhe metodom mass-spektrometrii s induktivno-svjazannoj plazmoj [Methodical guidelines MUK 4.1. 2953–11. The determination of the mass concentration of vanadium in ambient air using inductively coupled plasma mass spectrometry]. Utverzhdeno Utverzhdeny Rukovoditelem Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossijskoj Federacii, G.G. Onishhenko. Moscow, 2011. 13 p.

13. Onishhenko G.G., Novikov S.M., Rahmanin Ju.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy ocenki riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagriznjajushhih okruzhajushhuju sredu [Basics of health risk assessment of exposure to chemical substances polluting the environment]. Ed. Ju.A. Rahmanin, G.G. Onishhenko. Moscow: NII JeCh i GOS, 2002. 408 p.

14. Rukovodstvo R 2.1.10.1920–04. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagriznjajushhih okruzhajushhuju sredu [Guidelines R 2.1.10.1920–04. Guidelines for health risk assessment of exposure to chemical substances polluting the environment]. Utverzhdeno 5 marta 2004 g. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF. Moscow: Federal'nyj centr gossanjepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 143 p.

15. SanPiN 2.1.4.1074-01. Pit'evaja voda. Gigienicheskie trebovanija k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzhenija. Kontrol' kachestva [SanPin 2.1.4.1074-01. «Drinking water. Hygiene standards for drinking water quality in centralized drinking water supply systems. Quality control»]. Utverzhdeno Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossijskoj Federacii 26 sentjabrja 2001 g. Available at: <http://www.etch.ru/norma.php?art=2>.

16. Jekologicheskij doklad «Sostojanie i ohrana okruzhajushhej sredy Permskogo kraja v 2012 godu» [Ecological report «Environment condition and protection in the Perm Region in 2012»]. Upravlenie po ohrane okruzhajushhej sredy Ministerstva prirodnyh resursov Permskogo kraja. Available at: <http://www.permecology.ru/reports2012.php>.

17. Tic N. Klinicheskoe rukovodstvo po laboratornym testam [Clinical guidelines for laboratory testing]. Moscow: JuNIMED-press, 2003. 960 p.

18. Fletcher R., Fletcher S., Vagner Je. Klinicheskaja jepidemiologija. Osnovy dokazatel'noj mediciny [Clinical Epidemiology. You based evidence-based medicine]. Moscow: Media Sfera, 1998. 352 p.

19. Draft Toxicology Profile for Vanadium. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012, September. 255 p.

20. Screening Assessment for the Challenge. Vanadium oxide (Vanadium pentoxide). *Environment Canada. Health Canada*, 2010, September. 100 p

THE SUBSTANTIATION OF A BENCHMARK LEVEL FOR VANADIUM IN HUMAN BIOMEDIA (BLOOD)

M.A. Zemlyanova¹, T.S. Ulanova¹, O.O. Sinitsyna², O.V. Gileva¹

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

² Federal State Budget Institution «A.N. Sysin Research Institute of Human
Ecology and Environmental Health»,
Russian Federation, Moscow, 10 Pogodinskaya St., Building 1, 119992

This article presents a comprehensive environmental health assessment of environmental components in the area influenced by ferrovanadium production facilities, the results of clinical laboratory and chemical testing of the biological media (blood) of individuals, who were residing in various areas of exposure, and «dose and vanadium concentration in blood» and «marker of exposure and marker of effect» correlations. Based on the epidemiological studies, the body's responses to chronic environmental exposure to vanadium were substantiated and the benchmark level for vanadium in human blood was determined.

Key words: vanadium, blood, benchmark level, epidemiological studies.

© Zemlyanova M.A., Ulanova T.S., Sinitsyna O.O., Gileva O.V., 2013

Zemlyanova Marina Alexandrovna – Professor, DSc in Medicine, Head of the Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostics (email: zem@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Ulanova Tatiana Sergeyevna – Professor, DSc in Biology, Head of the Department of Analytical Chemistry Analysis (email: ulanova@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 233-10-37).

Sinitsyna Oksana Olegovna – Professor, DSc in Medicine, Deputy Director for Research (email: niisysin@mail.ru, tel.: 8 (499) 246 5824).

Gileva Olga Vladimirovna – Chemist of the Elemental Analysis Laboratory (email: lelyum1986@yandex.ru, tel.: 8 (342) 233-10-37).

УДК 614.7

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКА БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА

Т.Н. Унгурияну

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека по Архангельской области,
Россия, 163061, г. Архангельск, ул. Гайдара, д. 24

Эпидемиологический анализ заболеваемости населения города Новодвинска выявил, что в микрорайоне с более высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха специфическими веществами целлюлозно-бумажной промышленности заболеваемость взрослого населения острыми респираторными вирусными инфекциями (223,2 ‰) и хроническим бронхитом (25,9 ‰), детского населения – острым бронхитом (158,0 ‰) и бронхиальной астмой (28,8 ‰) в 1,2–1,6 раза выше по сравнению с микрорайонами города, удаленными от целлюлозно-бумажного комбината ($\chi^2 = 4,3-70,6$; $p = 0,038 - p < 0,001$). Установлен высокий риск развития общетоксических эффектов со стороны органов дыхания у детского ($HI = 5,7-13,6$) и взрослого населения ($HI = 4,5-6,1$), который формируется, в основном, за счет химических веществ, содержащихся в выбросах целлюлозно-бумажного комбината.

Ключевые слова: болезни органов дыхания, оценка риска, целлюлозно-бумажная промышленность

Одним из факторов окружающей среды, оказывающим наибольшее влияние на здоровье населения, является качество атмосферного воздуха. По литературным данным загрязнение атмосферного воздуха, в первую очередь, влияет на дыхательную систему, которая находится в непосредственном контакте с окружающей средой [3, 5, 8]. Рост патологии органов дыхания, обусловленный загрязнением атмосферного воздуха, отмечен во многих промышленных регионах России. При этом уровни заболеваемости бронхиальной астмой, острыми и хроническими пневмониями, бронхитами, острыми респираторными вирусными инфекциями в загрязненных районах в несколько раз выше по сравнению с относительно чистыми территориями [1, 2, 4, 7]. Особое значение имеет изучение влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения в районах размещения предприятий целлюлозно-бумаж-

ной промышленности, где атмосферные загрязнения достигают высоких значений, и население может быть подвергнуто высоким уровням риска здоровью [6].

Новодвинск – монопромышленный город Архангельской области с численностью населения 42 тыс. человек. Градообразующим предприятием является ОАО «Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат» (ОАО «АЦБК»), одно из ведущих лесохимических предприятий Европы и Российской Федерации.

Цель исследования – выполнить эпидемиологический анализ распределения частот заболеваемости населения болезнями органов дыхания по микрорайонам города с расчетом уровней риска здоровью населения при воздействии химических веществ, содержащихся в выбросах ОАО «АЦБК».

Качество атмосферного воздуха изучено по данным мониторинга ФГБУ «Север-

© Унгурияну Т.Н., 2013

Унгурияну Татьяна Николаевна – доктор медицинских наук, доцент, главный специалист-эксперт (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru; тел.: 8 (818) 221-04-61).

ное УГМС» и расчетным концентрациям приоритетных примесей ОАО «АЦБК», полученным по данным моделирования рассеивания химических веществ с использованием УПРЗА «Эколог» вер. 3.0 с расчетным блоком «Средние». Идентификация опасности показала, что наибольший вклад в загрязнение окружающей среды Новодвинска вносит ОАО «АЦБК», на долю которого приходится 98 % всех выбросов предприятий города. На основе детального анализа критериев включения и исключения химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в перечень приоритетных для последующего расчета риска вошли 25 соединений.

По данным мониторинга атмосферного воздуха за 2001–2011 гг. среднегодовые концентрации и концентрации на уровне 90-го перцентиля взвешенных частиц, диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, сероводорода, сероуглерода и метилмеркаптана не превышали предельно допустимые концентрации (ПДК). Среднегодовые концентрации формальдегида и бенз(а)пирена были выше установленных гигиенических нормативов в 2 раза, а их концентрации на уровне 90-го перцентиля превышали ПДК в 2,5 и 3,4 раза соответственно.

По результатам моделирования рассеивания выбросов территория города была разделена на три микрорайона: 1-й – наиболее приближенный к ОАО «АЦБК», 2-й – занимает промежуточное положение по удаленности от ОАО «АЦБК» и 3-й – является наиболее удаленным от комбината. В 1-м микрорайоне города уровни загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами, содержащимися в выбросах целлюлозно-бумажного комбината, в 1,2–2 раза превышали расчетные концентрации примесей, установленных во 2-м и 3-м микрорайонах.

Подомовое распределение населения по трем микрорайонам Новодвинска показало, что численность проживающего в них населения примерно одинаковая. Численность населения, проживающего в 1-м микрорай-

оне, составила 13053 человека, во 2-м – 12417 и в 3-м – 13398.

Заболеваемость населения по микрорайонам города изучена за 2001–2009 гг. на основе электронной базы ГБУЗ «Новодвинская городская клиническая больница», в которой случаи заболеваний регистрируются в соответствии с учетным медицинским документом «Талон амбулаторного пациента» (форма № 025-6(7)/у-89). Проверка нулевых гипотез об отсутствии различий между уровнями заболеваемости по микрорайонам города проводилась с помощью критерия хи-квадрат (χ^2) и точного критерия Фишера. Уровень значимости, на котором оценивались нулевые гипотезы, принимался равным 0,05. Статистический анализ данных выполнен с использованием программного обеспечения SPSS 18.0 для Windows и программы Epi Info 3.4.1.

В структуре первичной заболеваемости детского и взрослого населения, проживающего в Новодвинске, первое место занимают болезни органов дыхания (58 и 30 % соответственно). Анализ распределения частот заболеваемости болезнями органов дыхания по микрорайонам города показал, что среди детского населения, проживающего в 1-м микрорайоне, уровни заболеваемости острым бронхитом (158,0 ‰) и бронхиальной астмой (28,8 ‰) статистически значимо в 1,2–1,6 раза выше по сравнению с заболеваемостью детей из двух других микрорайонов (табл. 1).

Среди взрослого населения, проживающего в 1-м микрорайоне, заболеваемость ОРВИ (232,2 ‰) и хроническим бронхитом (25,9 ‰) превышала частоту данных болезней у населения 2-го и 3-го микрорайонов в 1,1–1,2 раза, однако статистически значимые различия в уровнях общей заболеваемости хроническим бронхитом установлены только между 1-м и 3-м микрорайонами.

Средние уровни общей заболеваемости бронхиальной астмой среди всего детского населения (28,8 ‰), а также у детей в возрастных группах до 2 лет (8,8 ‰), 3–4 лет

Таблица 1

Заболеваемость населения по микрорайонам города Новодвинска за 2001–2009 гг.
(средняя частота \pm 95%-ный ДИ на 1000 соответствующей возрастной группы)

Группа, лет	Диагноз	МКБ-10	Район 1	Район 2	Район 3	p^{***}
0–17	Острый бронхит*	J _{20–22}	158,0 \pm 14,1	124,4 \pm 13,4	137,3 \pm 13,3	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} = 0,038$
	Бронхиальная астма**	J ₄₅	28,8 \pm 16,9	20,9 \pm 15,9	18,2 \pm 14,3	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
18 и старше	ОРВИ*	J _{00–06}	223,2 \pm 80,0	182,2 \pm 75,0	211,0 \pm 76,0	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,031$
	Хронический бронхит**	J _{40–42}	25,9 \pm 3,1	23,7 \pm 3,0	21,1 \pm 2,7	$p_{1-2} = 0,296$ $p_{1-3} = 0,020$

Примечание: * – первичная заболеваемость; ** – общая заболеваемость; *** – достигнутый уровень статистической значимости.

Таблица 2

Общая заболеваемость бронхиальной астмой (J₄₅) в возрастной структуре детского населения по микрорайонам г. Новодвинска за 2001–2009 гг.

Группа, лет	Район 1		Район 2		Район 3		Достигнутый уровень p
	абс. число	на 1000	абс. число	на 1000	абс. число	на 1000	
0–2	33	8,8	25	7,1	11	2,9	$p_{1-2} = 0,386$ $p_{1-3} < 0,001$
3–4	57	23,6	27	11,7	27	11,2	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
5–6	64	26,1	52	25,1	55	22,4	$p_{1-2} = 0,807$ $p_{1-3} = 0,339$
7–9	113	32,0	85	27,3	59	15,8	$p_{1-2} = 0,192$ $p_{1-3} < 0,001$
10–14	230	37,3	156	29,0	172	30,0	$p_{1-2} = 0,003$ $p_{1-3} = 0,009$
15–17	173	34,9	95	20,7	95	19,3	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$

(23,6 ‰), 7–9 лет (32,0 ‰), 10–14 лет (37,3 ‰) и 15–17 лет (34,9 ‰), проживающих в 1-м микрорайоне, статистически значимо превышали уровень заболеваемости детей данных возрастных групп на территории 2-го и 3-го микрорайонов (табл. 2). Наибольшая кратность различий установлена среди детей 3–4 лет, заболеваемость которых на территории 1-го микрорайона оказалась выше в 2 раза по сравнению с таковой у детей, проживающих в двух других микрорайонах. В возрастной группе 15–17 лет общая заболеваемость бронхиальной астмой в 1,7 раза превышала частоту болезни, выявленную во 2-м и 3-м микрорайонах. В других возрастных группах (до 2 лет, 7–9 лет и 10–14 лет) от-

ношение показателей общей заболеваемости в 1-м и 2-м микрорайонах составило 1,2 раза, а по сравнению с 3-м микрорайоном – от 1,3 до 3 раз.

Для расчета уровней риска развития общетоксических эффектов при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, определены суточные эквивалентные дозы. Выявлено, что для детей в возрастных группах 1–6 лет и 7–17 лет значения суточных доз в 2,2 и 1,3 раза соответственно выше, чем для взрослого населения.

Анализ индексов опасности (ИИ) показал, что существует высокий риск развития болезней органов дыхания от воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха. Значения индексов опасности на

уровне медианных концентраций и 90-го перцентиля для детей в возрастной группе 1–6 лет составили 9,93 и 13,58 соответственно. Для детей 7–17 лет и взрослого населения высокий риск развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания выявлен только на уровне верхней границы экспозиции ($HI_{90} = 7,83$ и $6,14$ соответственно). На уровне медианных концентраций загрязняющих веществ уровень риска для детей школьного возраста и взрослого населения характеризуется как настораживающий ($HI_{50} = 5,73$ и $HI_{50} = 4,49$ соответственно).

Наибольший вклад в риск развития неканцерогенных эффектов со стороны органов дыхания вносят формальдегид (36,2 %), взвешенные вещества (15,7 %), диоксид азота (10,2 %), диоксид хлора (9,1 %), сероводород (8,2 %), метилмеркаптан (6,0 %), хлор (6,0 %) и серная кислота (5,0 %).

Атрибутивное число обращений по поводу обструктивных болезней легких среди общей популяции, обусловленное влиянием взвешенных частиц, составляет 15 случаев в год, или 3 % (95%-ный ДИ: 0–6,3 %). Ущерб, связанный со смертностью от болезней органов дыхания, составляет 2 случая, или 5,4 % (95%-ный ДИ: 2,8–11,3 %).

Таким образом, эпидемиологический анализ заболеваемости населения г. Новодвинска болезнями органов дыхания выявил более высокие уровни респираторной патологии среди детей и взрослых, проживающих вблизи целлюлозно-бумажного комбината. Применение методологии оценки риска установило высокий риск развития общетоксических эффектов со стороны органов дыхания у детского и взрослого населения, который формируется, в основном, за счет химических веществ, содержащихся в выбросах комбината.

Список литературы

1. Влияние эколого-климатических факторов на частоту и течение стенозирующих ларинготрахеитов при ОРЗ у детей / В.Е. Караваев, С.Н. Орлова, Т.М. Аленина, И.А. Альпер, И.И. Козырева // Гигиена и санитария. – 2007. – № 2. – С. 7–9.
2. Левашова Т.Ю., Кwartovкина Л.К. Распространенность бронхиальной астмы на территориях с различной степенью экологического неблагополучия // Гигиена и санитария. – 2004. – № 1. – С. 28–29.
3. Механизм формирования предрасположенности к острым респираторным заболеваниям в регионах с высокой антропогенной нагрузкой / М.В. Скачков, М.А. Скачкова, Н.Н. Верещагин, А.Г. Корнеев // Гигиена и санитария. – 2002. – № 5. – С. 39–42.
4. Особенности формирования хронической патологии органов дыхания у подростков Ангарска / Н.В. Ефимова, О.Ю. Катунская, Е.А. Абраматец, Н.Н. Несмеянова, И.В. Тихонова // Гигиена и санитария. – 2011. – № 1. – С. 83–85.
5. Прогнозирование развития болезней органов дыхания у детей, проживающих на техногенно загрязненных территориях / О.В. Бухарин, А.Ф. Зверев, О.Л. Карташова, С.Б. Киргизова // Гигиена и санитария. – 2010. – № 6. – С. 76–78.
6. Риск для здоровья населения от химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в городе с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью / Т.Н. Унгурияну, С.М. Новиков, Р.В. Бузинов, А.Б. Гудков // Гигиена и санитария. – 2010. – № 4. – С. 21–24.
7. Стамова Л.Г., Чеснокова Е.А. Загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на заболеваемость органов дыхания у детей // Гигиена и санитария. – 2005. – № 5. – С. 28–31.
8. Эколого-гигиенические и иммунологические проблемы болезней органов дыхания / П.Ф. Кику, Н.В. Козявина, Т.И. Виткина, Е.П. Калинина. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2005. – 200 с.

References

1. Karavaev V.E., Orlova S.N., Alenina T.M., Al'per I.A., Kozyreva I.I. Vliyanie jekologo-klimaticheskikh faktorov na chastotu i techenie stenozirujushhih laringotraheitov pri ORZ u detej [The impact of environmental and climatic factors on the frequency and course of obstructing laryngotracheitis in children with acute respiratory diseases]. *Gigiena i sanitarija*, 2007, no. 2, pp. 7–9.
2. Levashova T.Ju., Kwartovkina L.K. Rasprostranennost' bronhial'noj astmy na territorijah s razlichnoj stepen'ju jekologicheskogo neblagopoluchija [The prevalence of bronchial asthma in areas with various levels of environmental pollution]. *Gigiena i sanitarija*, 2004, no. 1, pp. 28–29.

3. Skachkov M.V., Skachkova M.A., Vepeshhagin N.N., Kopneev A.G. Mechanism of developing the susceptibility to acute respiratory diseases in areas with high levels of man-made impact. *Gigiena i sanitarija*, 2002, no. 5, pp. 39–42.

4. Efimova N.V., Katul'skaja O.Ju., Abramatec E.A., Nesmejanova N.N., Tihonova I.V. Osobennosti formirovaniya hronicheskoy patologii organov dyhanija u podrostkov Angarska [The characteristics of the development of chronic respiratory pathologies in adolescents in the city of Angarsk]. *Gigiena i sanitarija*, 2011, no. 1, pp. 83–85.

5. Buharin O.V., Zverev A.F., Kartashova O.L., Kirgizova S.B. Prognozirovanie razvitija boleznej organov dyhanija u detej, prozhivajushhih na tehnogenno zagriznennyh territorijah [Forecasting the development of respiratory diseases in children residing in technogenically polluted areas]. *Gigiena i sanitarija*, 2010, no. 6, pp. 76–78.

6. Ungurjanu, T.N., Novikov S.M., Buzinov R.V., Gudkov A.B. Risk dlja zdorov'ja naselenija ot himicheskikh veshhestv, zagriznjajushhih atmosferyj vozdukh, v gorode s razvitoj celljulozno-bumazhnoj promyshlennost'ju [Human health risk from chemical substances polluting ambient air in a city with a heavily developed paper-making industry]. *Gigiena i sanitarija*, 2010, no. 4, pp. 21–24.

7. Stamova L.G., Chesnokova E. A. Zagriznenie atmosfernogo vozduha i ego vlijanie na zabolevaemost' organov dyhanija u detej [Ambient air pollution and its influence on the incidence of respiratory diseases in children]. *Gigiena i sanitarija*, 2005, no. 5, pp. 28–31.

8. Kiku P.F., Kozjavina N.V., Vitkina T.I., Kalinina E.P. Jekologo-gigienicheskie i immunologicheskie problemy boleznej organov dyhanija [Ecological, environmental health and immune issues of respiratory diseases]. Vladivostok: Izd-vo DVGU, 2005. 200 p.

EPIDEMIOLOGICAL ANALYSIS AND RISK ASSESSMENT OF RESPIRATORY DISEASES IN INDIVIDUALS RESIDING IN THE AREA INFLUENCED BY A LARGE PAPER MILL

T.N. Unguryanu

Arkhangelsk Region Department of the Federal Service on Customers' Rights
Protection and Human Well-Being Surveillance
Russian Federation, Arkhangelsk, 24 Gaydara St., 163061

Epidemiological analysis of disease incidence in Novodvinsk citizens revealed that in an area with higher levels of ambient air pollution caused by the substances specific to the paper-making industry, the incidence of acute respiratory viral infections (223.2 ‰) and chronic bronchitis (25.9 ‰) in adults and the incidence of acute bronchitis (158.0 ‰) and bronchial asthma (28.8 ‰) in children was 1.2 to 1.6 times higher when compared with those areas of the city which are remote from the paper mill ($\chi^2=4.3-70.6$, $p=0.038-p<0.001$). The study determined a high risk of general toxic effects on the respiratory organs in children ($HI=5.7-13.6$) and in adults ($HI=4.5-6.1$), which develops mainly due to the chemical substances contained in the emissions from the paper mill.

Key words: respiratory diseases, risk assessment, paper-making industry.

© Unguryanu T.N., 2013

Unguryanu Tatiana Nikolaevna – PhD in Medicine, Docent, Chief Specialist-Expert (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru, tel.: 8 (818) 221-04-61).

УДК 614.1

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫБРОСОВ КАРАЧАГАНАКСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ РАСЧЕТНЫХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

У.И. Кенесариев¹, А.Т. Досмухаметов¹, Д.У. Кенесары¹, А.Ф. Кенжебаев²

¹ Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би, 94, № 1, учебный корпус 2,

² Комитет государственного санитарно-эпидемиологического надзора Министерства здравоохранения Республики Казахстан, Казахстан, 010000, г. Астана, Левый берег, ул. Орынбор, 8, Дом Министерств, 5-й подъезд

Показано, что приоритетными примесями, представляющими опасность для здоровья населения в зоне влияния выбросов ТОО «Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б.В» на Карачаганакском нефтегазо-конденсатном месторождении (КНГКМ), являются диоксид и оксид азота, диоксид серы и сероводород. Установлено, что индексы опасности в отношении наиболее поражаемой критической системы (органов дыхания), рассчитанные для населения, проживающего вблизи границ санитарно-защитной зоны объекта, не превышали 1,0 как при кратковременном, так и при длительном воздействии, что свидетельствовало о допустимом уровне риска. При хронических воздействиях индексы опасности по разным направлениям от промышленной площадки более чем на 50 % формировались под влиянием уровней диоксида азота и диоксида серы, риски острых воздействий в основном определяются воздействием сероводорода. Полученные данные могут быть использованы при организации санитарно-защитной зоны предприятия, планировании природоохранных мер, в том числе ведения производственного контроля качества атмосферного воздуха в зоне влияния выбросов предприятия.

Ключевые слова: производственные выбросы, санитарно-защитная зона, оценка риска, канцерогенные и неканцерогенные риски.

Безопасные условия проживания населения на территориях, прилегающих к крупным промышленным комплексам – источникам негативного воздействия на окружающую среду обитания и здоровье человека, традиционно обеспечиваются организацией санитарно-защитных зон (СЗЗ) [1, 2, 4, 5].

В рамках требований санитарного законодательства размеры СЗЗ устанавливаются в соответствии с санитарной классификацией предприятий и зависят от мощности, условий эксплуатации, характера объекта и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ. В новых утвержденных «Санитарных пра-

вилах по установлению санитарно-защитной зоны производственных объектов» СП № 93 от 17.01.2012 г. для обоснования СЗЗ промышленных объектов I и II классов опасности требуется проведение оценки риска для здоровья населения, проживающего вблизи промышленного объекта [9]. Однако следует отметить, что методология оценки риска еще недостаточно используется в практических целях организациями Республики Казахстан, несмотря на то что применение данных подходов рекомендовано Всемирной организацией здравоохранения, другими ведущими международными организациями (ЮНЕП, МОТ, ОЕСР

© Кенесариев У.И., Досмухаметов А.Т., Кенесары Д.У., Кенжебаев А.Ф., 2013

Кенесариев Усен Исмаилович – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии, главный научный сотрудник (e-mail: kenesary@inbox.ru, тел.: 8 (727) 2926722).

Досмухаметов Асхат Турсынханович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены и экологии, ведущий научный сотрудник (e-mail: zhanore_2009@mail.ru, тел.: 8 (727) 2926722).

Кенесары Динара Усеновна – докторант по специальности «Общественное здравоохранение», магистр общественного здравоохранения (e-mail: dku999@mail.ru, тел.: 8 (727) 2926722).

Кенжебаев Амирхан Фазылович – эксперт (e-mail: a.kenzhebaev@mz.gov.kz, тел.: 8 (701) 6577793).

и др.) и широко апробировано при проектировании санитарно-защитных зон в Российской Федерации [3, 5, 7, 8].

Цель исследования – проведение сравнительной оценки риска для здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ по расчетным данным на стадии проектирования и по данным инструментальных измерений на стадии ввода в эксплуатацию на реальную мощность производственного комплекса предприятий ТОО «Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б.В» (далее по тексту «КПО Б.В.») на Карачаганакском нефтегазоконденсатном месторождении (КНГКМ).

Материалы и методы. Оценку риска для здоровья населения на базе моделирования и инструментальных измерений качества воздуха выполняли по классической схеме, содержащей четыре этапа: идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимостей «доза–эффект» и характеристика риска.

Расчетное моделирование выполняли с применением программного комплекса «ЭРА риски» по данным «Проекта нормативов ПДВ КНГКМ на 2011–2015 гг.», разработанного в соответствии с введением новой технологической линии в комплексе предприятий ТОО «КПО Б.В.».

Инструментальные исследования имели характер годичных непрерывных замеров на станции экологического мониторинга (СЭМ).

Оценку приземных концентраций выполняли в 8 репрезентативных точках, расположенных по 8 румбам розы ветров по периметру месторождения на границе расчетной санитарно-защитной зоны КНГКМ на расстоянии от 3000 до 5000 метров от крайних источников выбросов. В этих точках находятся станции СЭМ (СЭМ 005–012), на которых были осуществлены натурные измерения качества воздуха.

Количественную оценку риска развития неканцерогенных эффектов проводили в соответствии с «Руководством...» [6], используя критерии при остром и хроническом воздействии и сравнения коэффициентов и ин-

дексов опасности с единицей. При величине коэффициента (индекса) опасности, равной или меньшей 1,0, риск вредных эффектов рассматривали как пренебрежимо малый, выше 1,0 – как неприемлемый.

Результаты и их обсуждение. Согласно ведомости инвентаризации источников выбросов ТОО «КПО Б.В.» на этапе проектирования было идентифицировано, что в атмосферный воздух поступает более 50 химических веществ общей массой 17920 т/год. С учетом критериев отбора веществ для включения в процедуру оценки риска ряд химических соединений исключили из списка для рассмотрения. Так, у 16 загрязнителей общий объем выбросов составил менее 0,007 %, у 14 веществ концентрации были значительно ниже референтных уровней (коэффициент опасности $HQ < 0,1$), индивидуальный канцерогенный риск у 7 веществ составлял менее 10^{-6} . У 11 веществ отсутствовали адекватные данные о их биологическом действии, что не позволяло провести оценку риска или выполнить ориентировочный прогноз по показателям токсичности и опасности для организма.

Таким образом, приоритетный список химических веществ, формирующих 85 % проектной массы валового выброса и потенциально опасных в данных количествах для здоровья населения, составили четыре компонента: серы диоксид, азота диоксид, азота оксид, углерода оксид (табл. 1).

Как видно из представленных данных, среди приоритетных веществ наиболее высокий индекс сравнительной опасности был у серы диоксида, а относительно менее опасный – у оксида углерода.

На автоматизированных станциях (СЭМ) после ввода в строй новой технологической линии на полную проектную мощность наблюдения осуществлялись по 4 приоритетным компонентам и дополнительно – по сероводороду как примеси, специфичной для исследуемого производства.

При этом следует отметить, что в процессе эксплуатации предприятия было установлено, что реальные (фактически установленные) выбросы были ниже заложенных

Таблица 1

**Приоритетные загрязнители выбросов предприятий «КПО Б.В.»
по данным проектной документации**

Код	Наименование вещества	CAS	Суммарный выброс, т/год	Референтная концентрация для острых воздействий, мг/м ³	Референтная концентрация для хронических воздействий, мг/м ³	Индекс сравнительной опасности, <i>HRI</i>	Ранг по неканцерогенному действию
0330	Серы диоксид	7446-09-5	9857,43	0,05	0,05	985742,5	1
0301	Азота диоксид	10102-44-0	2340,84	0,04	0,04	234084,1	2
0304	Азот оксид	10102-43-9	403,2	0,06	0,06	40319,97	3
0337	Углерод оксид	630-08-0	3070,0	3,0	3,0	3070,01	4

в проектную документацию на 10–50 % для разных веществ, что позволяло предположить наличие высокой технологической дисциплины на предприятии (табл. 2).

В целом данные о состоявшихся выбросах в атмосферу подтвердили правильность выбора приоритетных веществ для проведения натурных исследований и оценки риска для здоровья.

В табл. 3 приведены обобщенные результаты измерений на постах мониторинга, которые впоследствии были использованы при оценке реальной экспозиции населения¹.

Как видно из табл. 3, практически повсеместно приземные концентрации химических примесей, полученные в ходе инструментальных исследований, были выше, чем определенные в результате расчетов рассеивания, однако пространственные закономерности остались неизменными (рис. 1).

Полученное несоответствие может определяться высокими фоновыми уровнями загрязнения, не учтенными при выполнении моделирования. В целом соответствие расчетных и натурных данных при определении кратковременных уровней загрязнения было существенно выше, чем при определении среднегодовых концентраций.

¹ Данные по оксиду углерода не приведены, поскольку коэффициент опасности для вещества не превышал 0,1 от референтного уровня, и в дальнейшем авторы оценивали только риски в отношении болезней органов дыхания, в заболеваемость которыми оксид углерода не вносит долевого вклада.

Значения индексов опасности по расчетным и натурным данным при хронических и острых воздействиях в отношении органов дыхания на территории расчетной СЗЗ КНГКМ после ввода 4-й технологической линии представлены в табл. 4.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии недопустимого риска на границе санитарно-защитной зоны исследуемого объекта. Наибольшие значения индекса опасности в отношении органов дыхания были получены при расчете хронического риска и составили 0,77–0,79 на северном, северо-западном и западном направлениях относительно промышленной площадки. Однако в целом уровни риска по разным румбам розы ветров вокруг предприятия были близки.

Индексы опасности острых воздействий находились в диапазоне от 0,32 до 0,39 по данным расчетов рассеивания и от 0,37 до 0,61 – по данным инструментальных исследований. В отношении других органов и систем индексы опасности были существенно ниже, риск также квалифицировался как приемлемый.

Структура индексов опасности при острых и хронических воздействиях в отношении органов дыхания существенно отличалась. Если при хронических воздействиях индексы опасности по разным направлениям от промышленной площадки более чем на 50 % формировались под влиянием уровней диоксида азота и диоксида серы, то риски острых воздействий практически всегда определялись воздействием сероводорода (рис. 2).

Таблица 2

Сравнительные показатели по суммарным выбросам проектной мощности
и реальной мощности работы предприятий ТОО «КПО Б.В.»

Вещество	Реальный суммарный выброс за 2012 г., т/год	Доля от проектного суммарного выброса, %
Серы диоксид	4956,47	50,28
Диоксид азота	1672,97	71,47
Оксид азота	282,48	70,06
Оксид углерода	1461,79	47,62
Сероводород	28,55	89,60

Таблица 3

Расчетные и полученные по данным инструментальных измерений приземные концентрации
химических примесей на границе санитарно-защитной зоны ТОО «КПО Б.В.» (мг/м³)

Точка отбора пробы	Азота диоксид		Серы диоксид		Азота оксид		Сероводород
	фактич.	расчетн.	фактич.	расчет.	фактич.	расчет.	фактич.
Среднегодовая концентрация, 95%-ная верхняя доверительная граница диапазона							
Восток СЗЗ (СЭМ 005)	0,002	0,0008	0,004	0,00225	0,006	0,00004	0,001
Северо-восток СЗЗ (СЭМ 006)	0,002	0,0004	0,004	0,003	0,006	0,00005	0,001
Север СЗЗ (СЭМ 007)	0,003	0,0004	0,007	0,0035	0,0042	0,00006	0,001
Северо-запад СЗЗ (СЭМ 008)	0,003	0,0002	0,006	0,0025	0,0042	0,00006	0,001
Запад СЗЗ (СЭМ 009)	0,004	0,0004	0,005	0,002	0,0042	0,00005	0,001
Юго-запад СЗЗ (СЭМ 010)	0,003	0,00034	0,004	0,00225	0,006	0,00004	0,001
Юг СЗЗ (СЭМ 011)	0,002	0,0004	0,005	0,0025	0,0042	0,00039	0,001
Юго-восток СЗЗ (СЭМ 012)	0,004	0,00032	0,004	0,0025	0,0042	0,00004	0,001
Максимальная из разовых, 95%-ный перцентиль							
Восток СЗЗ (СЭМ 005)	0,01	0,004	0,004	0,00225	0,0288	0,0576	0,001
Северо-восток СЗЗ (СЭМ 006)	0,01	0,002	0,004	0,003	0,0288	0,0504	0,001
Север СЗЗ (СЭМ 007)	0,015	0,002	0,007	0,0035	0,0792	0,0504	0,001
Северо-запад СЗЗ (СЭМ 008)	0,015	0,001	0,006	0,0025	0,072	0,0576	0,001
Запад СЗЗ (СЭМ 009)	0,02	0,002	0,005	0,002	0,0216	0,0576	0,001
Юго-запад СЗЗ (СЭМ 010)	0,015	0,0017	0,004	0,00225	0,0288	0,0576	0,001
Юг СЗЗ (СЭМ 011)	0,01	0,002	0,005	0,0025	0,0288	0,0504	0,001
Юго-восток СЗЗ (СЭМ 012)	0,02	0,0016	0,004	0,0025	0,0288	0,0504	0,001

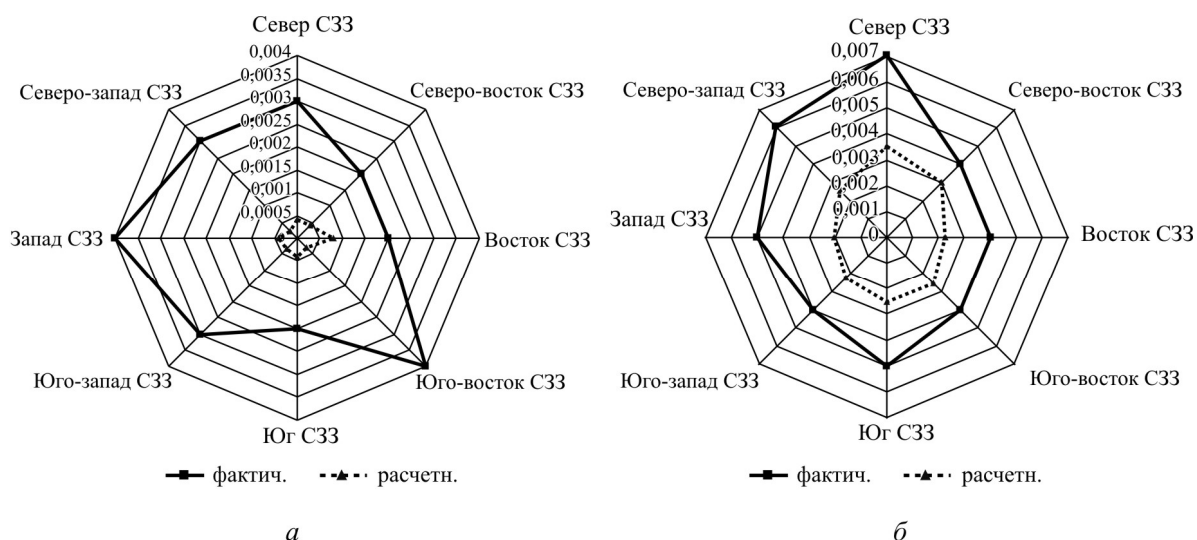


Рис. 1. Распределение уровней среднегодовых концентраций диоксида азота (а)
и диоксида серы (б) по румбам розы ветров

Таблица 4

Индексы опасности возникновения нарушений органов дыхания у населения, проживающего вблизи границы санитарно-защитной зоны (по данным расчетов рассеивания и инструментальных исследований)

Наименование фиксированных точек наблюдения	Индекс опасности хронических воздействий (HI)		Индекс опасности острых воздействий (HI)	
	по данным измерений	по данным расчетов (без учета H ₂ S)	по данным измерений	по данным расчетов (без учета H ₂ S)
Восток СЗЗ (СЭМ 005)	0,73	0,07	0,43	0,39
Северо-восток СЗЗ (СЭМ 006)	0,73	0,07	0,45	0,33
Север СЗЗ (СЭМ 007)	0,79	0,08	0,55	0,35
Северо-запад СЗЗ (СЭМ 008)	0,77	0,06	0,50	0,32
Запад СЗЗ (СЭМ 009)	0,77	0,05	0,49	0,34
Юго-запад СЗЗ (СЭМ 010)	0,76	0,05	0,37	0,36
Юг СЗЗ (СЭМ 011)	0,72	0,07	0,61	0,37
Юго-восток СЗЗ (СЭМ 012)	0,75	0,06	0,38	0,36

Примечание: на проектной стадии расчеты коэффициентов опасности сероводорода не проводились в связи с исключением его из списка анализируемых веществ.

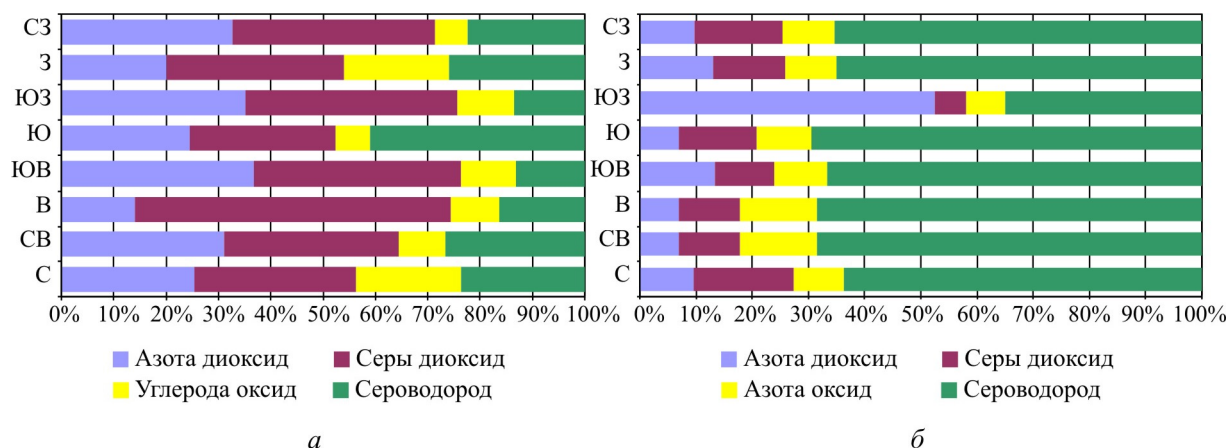


Рис. 2. Долевой вклад отдельных примесей в формирование индексов опасности при хроническом (а) и остром (б) воздействии выбросов предприятия (по румбам розы ветров)

Полученные результаты целесообразно учитывать при принятии решений по размещению дополнительных источников выбросов диоксида азота, серы и сероводорода на предприятии.

Таким образом, можно сделать **выводы**:

– приоритетными примесями, представляющими опасность для здоровья населения в зоне влияния выбросов ТОО «Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б.В» на Карачаганакском нефтегазоконденсатном месторождении (КНГКМ), являются диоксид и оксид азота, диоксид серы и сероводород;

– результаты инструментальных измерений в целом свидетельствуют о более

высоких уровнях приземных концентрациях исследованных химических веществ в сравнении с расчетными, как следствие, оценку риска для здоровья выполняли с использованием как модельных, так и натурных данных;

– индексы опасности в отношении наиболее поражаемой критической системы (органов дыхания), рассчитанные для населения, проживающего вблизи границ санитарно-защитной зоны объекта, не превышали 1,0 как при кратковременном, так и при длительном воздействии, что свидетельствовало о допустимом уровне риска;

– при хронических воздействиях индексы опасности по разным направлениям от промышленной площадки более чем на 50 % формировались под влиянием уровней диоксида азота и диоксида серы, риски острых воздействий в основном определялись воздействием сероводорода;

– полученные данные могут быть использованы при организации санитарно-защитной зоны предприятия, планировании природоохранных мер, в том числе ведения производственного контроля качества атмосферного воздуха в зоне влияния выбросов предприятия.

Список литературы

1. Авалиани С.Л., Ревич Б.А., Балтер Б.М. Оценка риска загрязнения окружающей среды для здоровья населения как инструмент муниципальной экологической политики в Московской области. – Подольск: Библиотека «Ежедневные новости. Подмосковье», 2010. – 311 с.
2. Мишина А.Л. Использование методологии оценки риска для управления качеством атмосферного воздуха // Здоровье населения и среда обитания. – 2009. – № 6. – С. 26–29.
3. Опыт комплексного решения вопросов экологической безопасности и обеспечения санитарно-гигиенических требований при разработке проектов санитарно-защитных зон для действующих и проектируемых предприятий России (в том числе республики Татарстан) / В.М. Капустин, А.С. Ярмухаметов, И.Ф. Мухаметшин, И.В. Май, Р.С. Гильденскиольд // Теоретические и прикладные проблемы сервиса. – 2010. – № 3 (36). – С. 7–19.
4. Пинигин М.А., Антипова Н.Д., Заброда Н.Н. Приемлемый риск здоровью как критерий установления размера санитарно-защитных зон // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10, № 2. – С. 439–443.
5. Практическое применение методологии оценки аэрогенного риска для здоровья населения при обосновании санитарно-защитной зоны / В.М. Боев, А.А. Киреев, С.А. Осиян, И.Л. Карпенко, В.В. Боев // Гигиена и санитария. – 2009. – № 4. – С. 82–83.
6. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утверждено главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05.03.2004. – URL: <http://www.gosthelp.ru/text/R2110192004Rukovodstvopoo.html> (дата обращения: 20.08.2013).
7. Разработка управленческих решений в целях обеспечения безопасности для здоровья населения в зоне влияния выбросов крупных промышленных комплексов / С.Г. Фокин, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева, Л.Е. Беспалько, М.М. Андрианова, Т.Е. Бобкова, Б.М. Балтер, Г.В. Сафонов // Гигиена и санитария. – 2006. – № 1. – С. 40–42.
8. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: временные метод. рек. по применению требований СанПиН 2.2.1/2.1.1200-03 / С.Г. Фокин, А.Ч. Юань, Л.Е. Беспалько, Т.Е. Бобкова, А.Л. Прядко. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 28 с.
9. СП «Санитарно-эпидемиологические требования к зданиям и сооружениям производственного назначения» и «Санитарно-эпидемиологические требования по установлению санитарно-защитной зоны производственных объектов» / утверждено постановлением Правительства РК № 93 от 17.01.2012 г. – URL: <http://www.pandia.ru/text/77/195/40018.php> (дата обращения: 10.09.2013).

References

1. Avaliani S.L., Revich B.A., Balter B.M. Ocenka riska zagriznenija okruzhajushhej sredy dlja zdorov'ja naselenija kak instrument municipal'noj ekologicheskoy politiki v Moskovskoj oblasti [Health risk assessment of environmental pollution as a tool of municipal environmental policy in the Moscow Region]. Podol'sk: Biblioteka «Ezhednevnye novosti. Podmoskov'e», 2010. 311 p.
2. Mishina A.L. Ispol'zovanie metodologii ocenki riska dlja upravlenija kachestvom atmosfernogo vozduha [Using the risk assessment methodology for ambient air quality management]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitaniya*, 2009, no. 6, pp. 26–29.
3. Kapustin V.M., Jarmuhametov A.S., Muhametshin I.F., Maj I.V., Gil'denskiol'd R.S Opyt kompleksnogo reshenija voprosov jekologicheskoy bezopasnosti i obespechenija sanitarno-gigienicheskikh trebovanij pri razrabotke

proektov sanitarno-zashhitnyh zon dlja dejstvujushhih i proektiruemyh predpriyatij Rossii (v tom chisel respubliki Tatarstan) [An experience of a comprehensive solution of ecological safety issues and of ensuring health and environmental hygiene requirements in the development of buffer zone projects for the operating companies and those under construction in Russia (including the Republic of Tatarstan)]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy servisa*, 2010, no. 3 (36), pp. 7–19.

4. Pinigin M.A., Antipova N.D., Zabroda N.N. Priemlymyj risk zdorov'ju kak kriterij ustanovlenija razmera sanitarno-zashhitnyh zon [Acceptable health risk as a criterion for buffer zone size]. *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah*, 2011, vol. 10, no. 2, pp. 439–443.

5. Boev V.M., Kireev A.A., Osijan S.A., Karpenko I.L., Boev V.V. Prakticheskoe primenenie metodologii ocenki ajerogennogo riska dlja zdorov'ja naselenija pri obosnovanii sanitarno-zashhitnoj zony [Practical application of the airborne health risk assessment methodology in the substantiation of buffer zones]. *Gigiena i sanitarija*, 2009, no. 4, pp. 82–83.

6. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskikh veshhestv, zagryaznjajushhih okruzhajushhiju sredu (R 2.1.10.1920-04) [Guidelines for health risk assessment of exposure to chemical substances polluting the environment (R 2.1.10.1920–04)]. Utverzhdeno Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossijskoj Federacii 05.03.2004. Available at: <http://www.gosthelp.ru/text/R2110192004Rukovodstvopoo.html>.

7. Fokin S.G., Avaliani S.L., Bushtueva K.A., Bepal'ko L.E., Andrianova M.M., Bobkova T.E., Balter B.M., Safonov G.V., Razrabotka upravlencheskih reshenij v celjah obespechenija bezopasnosti dlja zdorov'ja naselenija v zone vlijanija vybrosov krupnyh promyshlennyh kompleksov [The development of management decisions to ensure human health safety in the area influenced by the emissions from large industrial complexes]. *Gigiena i sanitarija*, Moscow, 2006, no. 1, pp. 40–42.

8. Fokin S.G., Juan' A.Ch., Bepal'ko L.E., Bobkova T.E., Prjadko A.L. Sanitarno-zashhitnyezony i sanitarnajaklassifikacijapredpriyatij, sooruzhenij i inyhob#ektov.Vremennyemetod.rek. poprimeneniju trebovanij SanPiN 2.2.1/2.1.1200-03 [Buffer zones and health classification of industrial companies, facilities and other works. Temporary methodical guidelines for using SanPin 2.2.1/2.1.1200-03 requirements]. Moscow: Federal'nyj centr gos-sanjepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 28 p.

9. Sanitarnye pravila «Sanitarno-jepidemiologicheskietrebovanija k zdaniyam i sooruzhenijam proizvodstvennogo naznachenija» i «Sanitarno-jepidemiologicheskietrebovanija po ustanovleniju sanitarno-zashhitnoj zony proizvodstvennyh ob#ektov» [Health regulations «Health and epidemiological requirements for industrial (manufacturing) buildings and facilities» and «Health and epidemiological requirements to the establishment of buffer zones for manufacturing facilities»]. Utverzhdeno postanovleniem Pravitel'stva RK №93 ot 17.01.12. Available at: <http://www.pandia.ru/text/77/195/40018.php>.

HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF EXPOSURE TO EMISSIONS FROM THE KARACHAGANAK OIL AND GAS CONDENSATE FIELD ACCORDING TO CALCULATIONS AND MONITORING DATA

U.I. Kenesariyev¹, A.T. Dosmukhametov¹, D.U. Kenesary¹, A.F. Kenzhebaev²

¹ S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University,
Kazakhstan, Almaty, Academic Building 2, 1 Tole bi 94 St., 050012,

² The Committee of State Sanitary and Epidemiological Surveillance
of the Ministry of Public Health of the Republic of Kazakhstan, The Ministries' Building,
Kazakhstan, Astana, 8 Orynbor, Left Bank, 010000

The major pollutants, hazardous to human health in the area influenced by the emissions from Karachaganak Petroleum Operating BV LLP at the Karachaganak oil and gas condensate field, were shown to be nitrogen dioxide, nitrogen oxide, sulfur dioxide and hydrogen sulfide. It was found that hazard indices for the most affected critical system – the respiratory system – calculated for the population living near the buffer zone borders of the field, did not exceed 1.0 under both short-term and long-term exposure, suggesting an acceptable risk level. Under chronic exposure, hazard indices in different directions from the industrial area were influenced by the levels of nitrogen dioxide and sulfur dioxide by more than 50 %, the risks of acute effects being largely determined by the impact of hydrogen sulfide. The obtained data can be used in the organization of buffer zones, planning of environmental protection measures, including the monitoring of ambient air quality by the production facilities themselves, in the area influenced by their emissions.

Key words: industrial emissions, buffer zone, risk assessment, carcinogenic and non-carcinogenic risks.

© Kenesariyev U.I., Dosmukhametov A.T., Kenesary D.U., Kenzhebaev A.F., 2013

Kenesariyev Usen Ismailovich – DSc in Medicine, Head of the Department of General Hygiene and Ecology (e-mail: kenesary@inbox.ru, tel.: 8 (727) 292-67-22).

Dosmukhametov Askhat Tursynkhanovich – PhD in Medicine, Docent of the Department of General Hygiene and Ecology, Leading Researcher (e-mail: zhantore_2009@mail.ru, tel.: 8 (727) 292-67-22).

Kenesary Dinara Usenovna – PhD Student in Public Health, MA in Public Health (e-mail: dku999@mail.ru, tel.: 8 (727) 292-67-22).

Kenzhebaev Amirkhan Fazylovich – Expert (e-mail: a.kenzhebaev@mz.gov.kz, tel.: 8 (701) 657-77-93).

УДК 613.2: 613.9 (470.325)

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ КОНТАМИНАЦИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ

В.В. Феттер

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

Представлены результаты оценки риска для здоровья взрослого и детского населения Белгородской области, обусловленного потреблением пищевых продуктов, загрязненных химическими веществами. Определены приоритетные загрязнители и их концентрации в пищевых продуктах. Установлен долевого вклад изученных загрязнителей и групп пищевых продуктов в формирование уровней экспозиции населения. Дана характеристика развития неканцерогенных эффектов, детерминированных комбинированным действием загрязнителей пищевых продуктов, определены органы и системы организма, подверженные наибольшему токсическому воздействию. Проведены расчеты величины индивидуального и популяционного канцерогенного риска, обусловленного потреблением химически загрязненных пищевых продуктов.

Ключевые слова: химические загрязнители, экспозиция населения, долевого вклад, неканцерогенный риск, критические органы и системы организма, канцерогенный риск.

Создание и функционирование Таможенного союза, вступление Российской Федерации в ВТО¹ и ОЭСР² требует приведения всех применяемых отечественных санитарно-эпидемиологических требований по безопасности пищевой продукции в соответствие с международными стандартами, разработанными на основе методологии оценки и управления риском здоровью населения. Поэтому освоение и применение в практической деятельности территориальных органов и учреждений Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека методов оценки риска химических загрязнителей пищевых продуктов приобретают особую актуальность и будут способствовать подготовке специалистов к эффективной работе в условиях гармонизации отечественных и зарубежных принципов нормирования безопасности пищевой продукции.

Широкое распространение в природе химических загрязнителей, накопление их в растительных и животных организмах непосредственно из окружающей среды или посредством так называемых пищевых цепочек обуславливают химическую загрязненность пищевого сырья, пищевых продуктов и поступление наиболее опасных для здоровья человека ксенобиотиков в организм человека с пищей через желудочно-кишечный тракт [1, 4].

Представленные данные отражают результаты работы 2011–2012 гг., целью которой являлась гигиеническая оценка содержания в пищевых продуктах в Белгородской области чужеродных веществ химического происхождения¹ и оценка риска здоровью населения на основе полученных данных.

На первом этапе работы были изучены данные лабораторных исследований про-

© Феттер В.В., 2013

Феттер Владимир Вильмарович – кандидат медицинских наук, заместитель руководителя, доцент кафедры медико-профилактических дисциплин (e-mail: Orgotd@31.rosпотребнадзор.ru, тел.: 8 (4722) 34-30-27).

¹ ВТО – Всемирная торговая организация.

² ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития.

довольственного сырья и пищевых продуктов питания (пищевые продукты), выполненные в 2005–2009 гг. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Белгородской области» и сформированные в виде базы данных Регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (РИФ СГМ).

Превышение нормативных уровней содержания чужеродных веществ химического происхождения было установлено в 555 пробах (0,8 %) исследованных пищевых продуктов. Наиболее загрязненной оказалась плодоовощная продукция, на долю которой приходится 90,1 % (500 проб) от общего числа контаминированных продуктов. Приоритетным контаминантом плодоовощной продукции явились нитраты, долевой вклад в загрязнение которых составил 97,2 %, а средняя многолетняя кратность превышения предельно допустимых уровней (ПДУ) в 2005–2009 гг. достигла 3,5 [6].

Приведенные выше исследования выявили тенденции временного, территориального и видового распределения нитратного загрязнения плодоовощной продукции на территории Белгородской области. Вместе с тем полученные результаты не позволили дать количественную оценку роли нитратного загрязнения плодоовощной продукции в формировании заболеваемости населения.

Для решения этой проблемы было начато проведение второго этапа исследований, **целью** которой явилась оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на здоровье населения области.

Отличительная особенность методологии оценки риска здоровью населения, позволяющая анализировать воздействие любых установленных концентраций веществ, опасных для здоровья человека, в том числе и тех, которые не превышают отечественные ПДУ [2, 3, 5], способствовала значительному расширению ареала исследований, определило их **материалы и методы**.

С учетом данных о среднелюдском потреблении пищевых продуктов² за 2005–2010 гг. в перечень пищевых продуктов для оценки уровней поступления контаминантов с рационами питания, кроме плодоовощной продукции (фрукты, ягоды; овощи, бахчевые), были дополнительно включены все основные группы (хлебные, мясные; молочные, рыбные продукты; масло растительное и другие жиры; сахар и кондитерские изделия).

Всего проанализировано 60 096 результатов исследований пищевых продуктов (табл. 1), выполненных лабораториями ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Белгородской области» в 2005–2010 гг. и включенных в РИФ СГМ.

Показатели, необходимые для оценки риска здоровью населения, рассчитывались для двух субпопуляций – детей (0–6 лет) и взрослых (18 лет и старше). Обработка исходных данных³, определение содержания контаминантов, расчет экспозиции, интерпретация полученных результатов проводились в соответствии с рекомендациями Роспотребнадзора⁴.

В качестве критериев оценки риска для здоровья населения исследуемых химических

¹ Материалы исследований опубликованы: Оценка химической контаминации пищевых продуктов // Санитарный врач. 2011. № 9.

² Для исследования использовались данные о среднелюдском потреблении продуктов питания, предоставленные Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области (Белгородстат).

³ 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.

⁴ 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 контаминантов пищевых продуктов на население.

Таблица 1

Сведения о количестве лабораторных исследований, использованных для оценки риска для здоровья населения области за 2005–2010 гг.

Исследованные группы продуктов	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Всего
Плодоовощная продукция	1825	2828	4029	2768	3883	1970	17303
Хлеб и хлебобулочные изделия	1471	1148	1085	902	998	1012	6616
Молоко и молочная продукция	1998	1781	1655	1838	1867	1442	10581
Мясо и мясные продукты	978	887	1281	1412	1203	852	6613
Рыба и рыбные продукты	237	177	315	250	112	117	1208
Масло растительное и др. жиры	1249	942	1473	1900	1521	1267	8352
Сахар, кондитерские изделия	2134	1520	1989	1726	1207	847	9423
Итого	9892	9283	11827	10796	10791	7507	60096

ких веществ использовались 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. [2, 3, 5].

Результаты и их обсуждение. Начальной стадией исследования стали выявление и выбор приоритетных, индикаторных химических веществ, содержащихся в пищевых продуктах, изучение которых позволяет с достаточной надежностью охарактеризовать уровни риска нарушений состояния здоровья населения.

Основными критериями выявления и выбора химических контаминантов были приняты: наличие информации о концентрациях контаминантов в пищевых продуктах; возможность поступления в пищевые продукты из различных загрязненных объектов окружающей среды (атмосферный воздух, вода, почва); данные о влиянии на здоровье человека; использование в растениеводстве в качестве пестицидов, минеральных удобрений; стойкость химических веществ и их соединений в окружающей среде, токсичность, способность к биоаккумуляции и др.

Приведенные выше критерии позволили включить в перечень химических веществ, выбранных для исследования, кадмий (Cd), мышьяк (As), ртуть (Hg), свинец (Pb),

гексахлорциклогексан (ГХЦГ), дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и нитраты.

В целях повышения достоверности полученных данных расчет содержания (концентрации) исследуемых загрязнителей и их экспозиции проводились как по центильной тенденции с учетом средней дозы распределения концентрации токсических веществ в исследуемых продуктах (C_{cp}), так и по верхней границе экспозиции с учетом 90-го процентиля (C_{90}) этого распределения (табл. 2, 3).

Проведенные исследования указанных выше групп пищевых продуктов позволили установить, что наибольший вклад в экспозицию (Exp) населения кадмия, мышьяка, ртути, свинца (табл. 4) вносят: молоко и молочные продукты (43,9; 26,1; 46,6 и 39,1 % соответственно); картофель¹ (19,7; 20,0; 15,0 и 17,5 % соответственно); а также мясо и мясные продукты (17,6; 21,6; 25,8 и 22,5 % соответственно).

Экспозиция нитратами определяется овощами и бахчевыми (66,3 %), а также картофелем (33,7 %). Вклад в экспозицию ГХЦГ и ДДТ целиком обеспечивался также за счет овощей и бахчевых.

По месту локализации вредных изменений в организме человека (табл. 5) кадмий, мышьяк, ртуть, свинец, ГХЦГ, ДДТ и нитраты являются системными токсикантами. При консервативной оценке комбинированного неканцерогенного действия указанных

¹ Картофель выделен в отдельную группу в связи с большим объемом потребления населением.

Таблица 2

Содержание кадмия, мышьяка, ртути, свинца в продуктах питания в 2005–2010 гг.

Химическое вещество		Распределение среднегодовых концентраций химических веществ (мг/кг) по группам продуктов				
		Фрукты, ягоды	Овощи, бахчевые	Картофель	Молоко и мол. продукты	Мясо и ясопродукты
Кадмий	C_{cp}	8,35E-04	6,01E-03	6,85E-03	3,41E-03	5,35E-03
	C_{90}	6,13E-03	1,49E-02	2,02E-02	1,21E-02	1,67E-02
Мышьяк	C_{cp}	5,26E-03	3,07E-02	8,21E-03	3,41E-03	3,75E-02
	C_{90}	6,50E-02	7,29E-02	8,00E-02	2,81E-02	8,00E-02
Ртуть	C_{cp}	–	1,85E-03	6,94E-04	4,03E-03	5,64E-03
	C_{90}	–	4,67E-03	6,00E-03	5,00E-03	9,50E-03
Свинец	C_{cp}	2,05E-02	4,28E-02	3,35E-02	2,62E-02	5,86E-02
	C_{90}	8,40E-02	1,06E-01	1,50E-01	9,03E-02	1,78E-01

Примечание: C_{cp} – концентрации загрязнителей, рассчитанные с учетом средней дозы центральной тенденции; C_{90} – концентрации загрязнителей, рассчитанные с учетом 90-го перцентиля.

Таблица 3

Содержание (C_{cp} , C_{90}) ГХЦГ, ДДТ, нитратов в продуктах питания в 2005–2010 гг.

Группа продуктов	Среднегодовые концентрации (мг/кг)					
	ГХЦГ		ДДТ		Нитраты	
	C_{cp}	C_{90}	C_{cp}	C_{90}	C_{cp}	C_{90}
Овощи, бахчевые	5,15E-03	1,38E-02	9,92E-04	5,95E-03	2,22E+02	4,28E+02
Картофель	–	–	–	–	1,23E+02	2,11E+02

Таблица 4

Показатели экспозиции, обусловленной поступлением с продуктами питания
Cd, As, Hg и Pb в 2005–2010 гг. (мг/кг/сут.)

Группа продуктов		Кадмий		Мышьяк		Ртуть		Свинец	
		Взрослые	Дети	зрслые	Дети	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети
Фрукты, ягоды	Exp_{cp}	1,0E-06	3,9E-06	6,9E-06	3,2E-05	–	–	2,4E-05	1,1E-04
	Exp_{90}	8,1E-06	3,8E-05	8,5E-05	2,6E-04	–	–	1,0E-04	4,7E-04
Овощи, бахчевые	Exp_{cp}	2,2E-06	1,2E-05	1,2E-05	5,5E-05	7,0E-07	3,3E-06	2,1E-05	8,9E-05
	Exp_{90}	5,2E-06	2,6E-05	3,2E-05	1,5E-04	2,0E-06	9,4E-06	4,9E-05	2,2E-04
Картофель	Exp_{cp}	1,9E-05	1,3E-04	2,3E-05	1,1E-04	1,9E-06	9,0E-06	9,4E-05	4,4E-04
	Exp_{90}	4,4E-05	2,6E-04	2,2E-04	1,0E-03	1,7E-05	7,8E-05	4,2E-04	2,0E-03
Молоко и мол. продукты	Exp_{cp}	1,8E-06	6,3E-06	1,4E-05	7,4E-06	8,2E-07	3,8E-06	1,0E-05	4,8E-05
	Exp_{90}	5,2E-06	2,4E-05	1,4E-05	6,7E-05	1,1E-06	5,3E-06	3,6E-05	1,4E-04
Мясо и мясопродукты	Exp_{cp}	1,6E-05	7,2E-05	1,1E-04	5,1E-04	1,7E-05	8,2E-05	1,8E-04	8,4E-04
	Exp_{90}	5,2E-05	2,3E-04	2,3E-04	1,1E-03	2,9E-05	1,3E-04	5,5E-04	2,6E-03

Примечание: Exp_{cp} и Exp_{90} – экспозиции, рассчитанные с учетом средней концентрации (C_{cp}) и 90-го перцентиля (C_{90}) содержания загрязнителей в пищевых продуктах.

Таблица 5

Сведения о параметрах опасности развития неканцерогенных эффектов химических контаминантов плодоовощной продукции

Вещество	CAS	RfC_o^1 , мг/кг	Поражаемые органы и системы					
Кадмий	7440-43-9	0,0005	Почки	Гормон.				
Мышьяк	7440-38-2	0,0003		Гормон.	ЦНС	НС	ССС.	
Ртуть	7439-97-6	0,0003	Почки	Гормон.	ЦНС			
Свинец	7439-92-1	0,0035		Гормон.	ЦНС	НС		Кровь
ГХЦГ	58-89-9	0,0003	Почки					Печень
ДДТ	50-29-3	0,00175		Гормон.				Печень
Нитраты	14797-55-8	1,6					ССС	Кровь

Примечание: CAS – международный идентификационный код вещества; гормон. – нейроэндокринная система; ЦНС – центральная нервная система; НС – периферическая нервная система, СССР – сердечно-сосудистая система [3, 5].

выше контаминантов, одновременно поступающих в организм с продуктами питания, наиболее вероятен аддитивный тип их воздействия на одни и те же органы и системы [3, 5].

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов проводилась на основе сравнения значений экспозиции контаминантов (Exp), полученных в ходе исследований, с безопасными (референтными) уровнями (RfC_o) их воздействия и расчета коэффициентов опасности (HQ).

Детальный анализ среднегодовых показателей коэффициентов опасности (HQ) выявил целый ряд значений ($>1,0$), свидетельствующих о повышенном уровне неканцерогенного риска. Так, показатели HQ_{cp}^2 нитратов для детского населения, поступивших: с овощами и бахчевыми в 2005–2010 гг., составили 2,08–4,25; с картофелем в 2006 и 2007 г. – 2,21 и 1,48 соответственно; с фруктами и ягодами в 2005 г. – 3,74.

Максимальные показатели HQ_{90}^3 для детского населения, установленные по нитратам, свинцу и мышьяку, приведены в табл. 6. Для взрослого населения повышенные значения содержания контаминанта в пищевых продуктах на уровне 90-го процентиля установлены по нитра-

там, содержащимся в овощах и бахчевых, в 2006–2010 гг. (HQ_{90} в пределах 1,03–1,96).

В остальных случаях значения HQ контаминантов в исследуемых группах продуктов, потребляемых взрослым и детским населением в 2005–2010 гг., рассчитанные по средней центильной тенденции (HQ_{cp}) и по верхней границе 90-го доверительного интервала (HQ_{90}), не превышали 1,0.

В условиях одновременного поступления нескольких контаминантов одним и тем же путем (перорально с пищевыми продуктами) характеристика риска развития неканцерогенных эффектов производилась на основе расчета индекса опасности (HI) [3].

Максимальные значения HI за весь анализируемый период (2005–2010 гг.), рассчитанные для взрослого и детского населения по HQ_{cp} и HQ_{90} (табл. 7), приходятся на овощи и бахчевые, на втором ранговом месте – молоко и молочные продукты, на третьем – мясо и мясные продукты.

Основной вклад как в суммарный HI исследуемых групп пищевых продуктов (табл. 8), так и в риск развития неканцерогенных заболеваний вносят мышьяк, свинец и нитраты.

Изучаемые химические контаминанты (Cd, As, Hg, Pb, ГХЦГ, ДДТ и нитра-

¹ RfC_o – референтная концентрация химического вещества, суточное воздействие в течение всей жизни при хроническом пероральном поступлении, не вызывающее неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения.

² HQ_{cp} – коэффициент опасности – показатель, характеризующий риск развития неканцерогенных эффектов, рассчитанный по Exp_{cp} .

³ HQ_{90} – коэффициент опасности – показатель, характеризующий риск развития неканцерогенных эффектов, рассчитанный по Exp_{90} .

Таблица 6

Коэффициенты опасности (HQ_{90}) для детского населения пищевых продуктов, контаминированных нитратами, свинцом и мышьяком

Контаминант	Группа продуктов	Расчетный период, год	Значение HQ_{90}
Нитраты	Картофель	2007–2010	1,82–5,94
	Овощи, бахчевые	2005–2010	1,27–9,17
Свинец	Картофель	2005	1,66
	Молоко и мол. продукты	2006–2010	1,26–2,65
	Мясо и мясопродукты	2008–2010	1,10–1,26
Мышьяк	Овощи, бахчевые	2008	1,77
	Молоко и мол. продукты	2008	1,26
	Мясо и мясопродукты	2006; 2009	3,2; 1,10

Таблица 7

Суммарные индексы опасности (HI) различных групп продуктов за 2005–2010 гг.

Год, субпопуляция		Фрукты, ягоды		Овощи и бахчевые культуры		Картофель		Молоко и молочные продукты		Мясо и мясопродукты	
		$HI_{ср}$	HI_{90}	$HI_{ср}$	HI_{90}	$HI_{ср}$	HI_{90}	$HI_{ср}$	HI_{90}	$HI_{ср}$	HI_{90}
2005	Взрослые	0,07	0,23	2,26	3,46	0,52	0,87	0,59	2,62	0,34	1,21
	Дети	0,29	1,23	10,74	16,17	2,43	4,07	2,77	13,91	6,49	5,64
2006	Взрослые	0,14	1,41	1,80	3,02	2,10	7,02	0,91	3,39	2,07	5,85
	Дети	0,58	6,58	2,56	14,12	9,80	32,78	4,11	15,83	9,66	27,28
2007	Взрослые	–	–	1,97	4,44	0,87	2,45	1,17	4,05	0,07	0,11
	Дети	–	–	9,18	20,89	4,04	12,10	5,44	19,25	0,34	0,77
2008	Взрослые	0,26	2,77	2,47	7,37	0,84	6,26	0,90	3,49	4,72	8,92
	Дети	1,24	12,91	11,54	34,38	1,96	29,22	4,19	16,31	22,03	41,60
2009	Взрослые	0,09	0,38	1,68	4,18	0,73	1,84	1,13	3,81	0,47	1,37
	Дети	0,41	1,76	7,83	19,52	3,36	8,61	5,28	17,79	2,21	6,40
2010	Взрослые	0,03	0,16	1,54	3,14	0,66	1,67	1,31	4,01	0,59	1,72
	Дети	0,16	0,76	5,77	14,68	2,97	7,81	2,92	18,71	2,75	8,04

Примечание: $HI_{ср}$ – индекс опасности, рассчитанный по $HQ_{ср}$; HI_{90} – индекс опасности, рассчитанный по HQ_{90} .

Таблица 8

Долевой вклад химических контаминантов пищевых продуктов в неканцерогенный риск населения

Контаминант	Продукт	Вклад контаминантов в HI (%)					
		2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Мышьяк	Фрукты, ягоды	–	83,10	–	91,98	–	–
	Картофель	–	55,71	–	59,41	–	–
	Мясо и мясопродукты	–	71,97	–	70,31	–	–
Свинец	Фрукты, ягоды	100,0	–	–	–	86,37	79,45
	Молоко и мол. продукты	90,80	–	95,72	–	97,76	93,48
	Мясо и мясопродукты	86,95	–	–	–	93,96	89,32
Нитраты	Овощи и бахчевые	–	69,51	90,30	–	76,19	80,54
	Картофель	–	–	54,24	–	50,14	55,87

ты), обнаруженные в анализируемых группах пищевых продуктов на протяжении 2005–2010 гг. (табл. 9), обладают потенциальной способностью вызывать в организме различные вредные эффекты [3].

Кроме того, по полученным данным можно сделать вывод, что неблагоприятному воздействию смеси исследуемых токсикантов пищевых продуктов наиболее подвержены: кроветворная (20,60–23,30 %); сердечно-сосудистая (17,25–17,77 %) и нейроэндокринная система (11,47–11,67 %). При этом максимальный риск воздействия на эти системы и органы формируют мышьяк, свинец и нитраты, содержащиеся в пищевых продуктах, потребляемых на территории области (табл. 9).

Вероятность потенциального возникновения поражения других критических органов и систем организма, обусловленного особенностями однонаправленного воздействия контаминантов пищевых продуктов (иммунная, репродуктивная, периферическая нервная и центральная нервная системы, биохимические показатели, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы, печень, почки), составила: для взрослых – от 1,04 до 8,63 %; для детей – от 1,19 до 9,19 %.

Большая часть (5 из 7) отобранных для дальнейших исследований контаминантов (Cd, As, Pb, ГХЦГ и ДДТ), представленных

в табл. 10, являются потенциальными химическими канцерогенами, относящимися к группам 1, 2А, 2В по классификации МАИР¹ или к группам А, В1, В2 по классификации US EPA² [4, 5].

Сведения о результатах расчетов индивидуального (*ICR*) и популяционного (*PCR*) канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного контаминацией пищевых продуктов кадмием, мышьяком, свинцом, ГХЦГ и ДДТ, представлены в табл. 11 и 12.

Выводы:

1. Наибольший вклад в экспозицию населения кадмием, мышьяком, ртутью, свинцом при пероральном поступлении с пищевыми продуктами вносят молоко и молочные продукты, картофель, а также мясо и мясные продукты. Экспозиция населения нитратами, ГХЦГ и ДДТ определяется овощами, бахчевыми культурами и картофелем.

2. Оценка коэффициентов опасности (*HQ*) нитратов, свинца и мышьяка, содержащихся в плодоовощной продукции, выявила наличие настораживающего неканцерогенного риска для здоровья детского населения (*HQ*_{ср} 1,48–4,25; *HQ*₉₀ 1,10–9,17), а по содержанию нитратов в овощах и бахчевых культурах, рассчитанному по 90-му процентилю – допустимого уровня неканцерогенного риска для взрослого населения области (*HQ*₉₀ 1,03–1,96).

Таблица 9

Вклад нейроэндокринной, кроветворной и сердечно-сосудистой систем организма в риск развития общетоксических эффектов под воздействием контаминантов пищевых продуктов однонаправленного действия

Критические органы и системы организма	Контаминанты, определяющие воздействие	Вклад в индекс токсичности (<i>HI</i>) пищевых продуктов (%)		Коэффициент Стьюдента (<i>t</i>)		Статистическая значимость (<i>p</i>)	
		Взрослые	Дети	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети
Нейроэндокринная система	As, Pb, Cd, Hg, ДДТ	11,47±2,84	11,67±2,74	4,02	4,26	<0,002	<0,002
Кроветворная система и показатели периферической крови	Pb, нитраты	20,60±2,63	23,30±2,62	7,83	8,88	<0,0001	<0,0001
Сердечно-сосудистая система	As, нитраты	17,25±2,56	17,77±2,53	6,74	7,01	<0,0001	<0,0001

¹ МАИР – Международное агентство по изучению рака.

² US EPA – Агентство по охране окружающей среды США.

Таблица 10

Сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов химических контаминантов плодоовощной продукции

Вещество	CAS	Пероральное поступление		
		МАИР	ЕРА	SF_o
Кадмий	7440-43-9	1	B1	0,38
Мышьяк	7440-38-2	1	A	1,5
Свинец	7439-92-1	2A	B2	0,047
ГХЦГ	58-89-9	3	B2	1,3
ДДТ	50-29-3	2B	B2	0,34

Примечание: SF_o – фактор канцерогенного потенциала для перорального пути поступления, (мг/(кг·сут.))⁻¹

Таблица 11

Показатели канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного контаминацией пищевых продуктов химическими веществами в 2005–2010 гг.

Вещество	Фактор наклона (SF_o)	Средняя центильная тенденция			90-й процентиль		
		$Exp_{сумм}$	ICR	PCR	$Exp_{сумм}$	ICR	PCR
Кадмий	0,380	4,00E-05	1,52E-05	19	1,15E-04	4,38E-05	55
Свинец	0,047	3,30E-04	1,55E-05	19	1,16E-03	5,45E-05	68
ГХЦГ	1,300	3,38E-06	4,39E-06	6	7,94E-06	1,03E-05	13
ДДТ	0,340	3,54E-07	1,20E-07	0,2	1,77E-06	6,01E-07	1

Примечание: $Exp_{сумм}$ – суммарная экспозиция; ICR – индивидуальный риск здоровью населения; PCR – популяционный канцерогенный риск здоровью населения.

Таблица 12

Показатели канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного контаминацией пищевых продуктов мышьяком в 2005–2010 гг.

Локализация рака	Фактор наклона (SF_o)	Средняя центильная тенденция		90-й процентиль	
		ICR_{As}	PCR_{As}	ICR_{As}	PCR_{As}
Печень	1,00	1,66E-04	208	5,81E-04	729
Легкие	2,50	4,14E-04	520	1,45E-03	1823
Мочевой пузырь	2,50	4,14E-04	520	1,45E-03	1823
Почки	0,86	1,43E-04	179	5,00E-04	627
Кожа	1,50	2,49E-04	312	8,71E-04	1094
Рак всех типов локализаций		1,39E-03	1740	4,86E-03	6097

Примечание: ICR_{As} PCR_{As} – индивидуальный и популяционный риски здоровью населения, обусловленные контаминацией пищевых продуктов мышьяком.

3. Оценка индексов опасности (HI) показала, что основной вклад в развитие неканцерогенного риска среди населения, экспонированного химически контаминированными пищевыми продуктами, вносят свинец (79,45–100,0 %), мышьяк (55,71–91,98 %) нитраты (50,14–90,30 %).

4. При одновременном поступлении в организм с пищевыми продуктами

свинца, мышьяка и нитратов критически-ми, подверженными наибольшему токсическому воздействию, являются кроветворная (20,60–23,30 %), сердечно-сосудистая (17,25–17,77 %) и нейроэндокринная системы организма.

5. Индивидуальный канцерогенный риск (ICR), обусловленный содержанием в пищевых продуктах ДДТ, оценивается как пре-

небрежительно малый, не требует дополнительных мероприятий по его снижению и подлежит выборочному периодическому контролю.

6. Величина индивидуального канцерогенного риска (*ICR*), детерминированного содержанием в пищевых продуктах кадмия, свинца и ГХЦГ, находится в пределах от $4,39 \times 10^{-6}$ до $5,45 \times 10^{-5}$, что соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Данные уровни индивидуального канцерогенного риска населения подлежат постоянному контролю.

7. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск (*ICR*), обусловленный содержанием в пищевых продуктах мышьяка, составляет $4,86 \times 10^{-3}$, а по отдельным типам локализаций находится в пределах от $8,71 \times 10^{-4}$ до $1,45 \times 10^{-3}$, что соответствует третьему диапазону классификации уровней риска и является приемлемым для профессиональных групп, но неприемлемым уровнем для населения области в целом.

Риск такого уровня требует разработки и проведения плановых оздоровительных

мероприятий. Планирование мероприятий по снижению рисков в данном случае должно основываться на результатах углубленной оценки всех этапов производства, технологической обработки, хранения, распределения и потребления пищевых продуктов.

8. Величина популяционного канцерогенного риска (*PCR*), обусловленного содержанием в пищевых продуктах кадмия, свинца и ГХЦГ, свидетельствует о возможности появления среди населения области от 13 до 68 дополнительных (к фоновому уровню онкологической заболеваемости) случаев злокачественных новообразований.

9. Наиболее высокие уровни популяционного риска установлены в связи с экспозицией мышьяка, содержащегося в продуктах питания, потребляемых населением области.

Величина указанного риска составляет от 729 до 1823 дополнительных случаев рака различной локализации, а суммарно по всем типам локализаций достигает 6097 случаев дополнительных к фоновым показателям онкологической заболеваемости.

Список литературы

1. Доценко В.А. Эколого-гигиеническая концепция питания человека // Гигиена и санитария. – 1990. – № 7. – С. 13–18.
2. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических загрязнителей пищевых продуктов на население: методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 26 с.
3. 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.
4. Принципы и методические подходы к оценке химической экспозиции населения с продуктами питания / С.В. Кузьмин, Б.А. Кацнельсон, Л.И. Привалова, В.Б. Гурвич и соавт. // Оценка и управление риском для здоровья населения: сб. информ-метод. документов. – Екатеринбург, 2009. – С. 201–323.
5. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
6. Феттер В.В., Бердинских Н.Н., Завьялова Н.А. Оценка состояния химической контаминации пищевых продуктов // Санитарный врач. – 2011. – № 9. – М.: Медиздат. – С. 20–23.

References

1. Docenko V.A. Jekologo-gigienicheskaja koncepcija pitanijac heloveka [Ecological and environmental health concept of human diet]. *Gigiena i sanitarija*, 1990, no. 7, pp. 13–18.
2. Opredelenie jekspozicii i ocenka riska vozdejstvija himicheskikh kontaminantov pishhevyh produktov na naselenie: metodicheskie ukazaniya [The determination of exposure and health risk assessment of human exposure to chemical contaminants in food products: methodical guidelines]. Moscow: Federal'nyj Centr gigeny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2009. 26 p.

3. Onishhenko G.G., Novikov S.M., Rahmanin Ju.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy ocenki riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagrjaznjajushhih okruzhajushhuju sredu [Basics of health risk assessment of exposure to chemical substances polluting the environment]. Ed. Ju.A. Rahmanina, G.G. Onishhenko. Moscow: NII JeCh i GOS, 2002. 408 p.

4. Kuz'min S.V., Kacnel'son B.A., Privalova L.I., Gurvich V.B., s soavt. Principy i metodicheskie podhody k ocenke himicheskoy jekspozicii naselenija s produktami pitanija [Principles and methodical approaches to the assessment of chemical exposure of the population via food products]. *Ocenka i upravlenieriskom dlja zdorov'ja naselenija: sb. inform-metoddokumentov*, Ekaterinburg, 2009, pp. 201–323.

5. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagrjaznjajushhihokruzhajushhujusredu [Guidelines for health risk assessment of exposure to chemical substances polluting the environment]. Moscow: Federal'nyj centr Gossanjepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 143 p.

6. Fetter V.V., Berdinskih N.N., Zav'jalova N.A. Ocenka sostojanija himicheskoy kontaminacii pishhevyh produktov [An assessment of the condition of chemical contamination of food products]. *Sanitarnyjvrach*, Moscow: Medizdat, 2011, no. 9. pp. 20–23.

HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF THE CHEMICAL CONTAMINATION OF FOOD PRODUCTS AND RAW FOODS

V.V. Fetter

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

The article presents the findings of an assessment of a health risk, associated with the consumption of food products contaminated with chemical substances, in children and adults in the Belgorod region. The major contaminants and their concentrations in food products were determined. The contributions of the studied contaminants and groups of food products to the levels of exposure were identified. The development of non-carcinogenic effects determined by a combined impact of food contaminants was characterized and the body's organs and systems, which are susceptible to the most significant toxic effects, were determined. The levels of an individual and population risk associated with chemically contaminated food products were calculated.

Key words: chemical contaminants, human exposure, contribution, non-carcinogenic risk, body's critical organs and systems, carcinogenic risk.

© Fetter V.V., 2013

Fetter, Vladimir Vilmarovich – PhD, Deputy Head, Docent of the Department of Medical and Preventive Disciplines, the Institute of Medicine (e-mail: Orgotd@31.rosпотреbnadzor.ru, tel.: 8 (4722) 34-30-27).

УДК 613.27

МИКРОНУТРИЕНТНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ И МЕХАНИЗМЫ УРЕГУЛИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Сергеева, О.И. Кожанова, А.В. Хан, Н.К. Фомичева

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека по Саратовской области,
Россия, 410042, г. Саратов, ул. Московская, д. 72

Проблема витаминной и микронутриентной недостаточности является актуальной для всех регионов Российской Федерации. В статье оцениваются современные особенности распространенности дефицита микронутриентов на территории Саратовской области. На основе комплексного подхода предлагается разработка управляемой системы выявления, коррекции и профилактики нарушений детского здоровья, связанных с риском развития микронутриентного дефицита.

Ключевые слова: население, питание, микронутриенты, дефицит, заболеваемость взрослого и детского населения, профилактика, механизмы управления.

Одним из приоритетных направлений деятельности органов власти в части сохранения здоровья населения Российской Федерации является реализация «Основ государственной политики в области здорового питания на период до 2020 года» (2010). Стратегия национальных программ направлена в том числе и на контроль заболеваний, связанных с дефицитом некоторых витаминов, микроэлементов, включая йод.

Проблема витаминной и микронутриентной недостаточности является одной из самых актуальных. Почти половина детей в России испытывает недостаток основных витаминов и микронутриентов (микроэлементов), имеются регионы, в которых эта недостаточность отмечается у 80 % детей. Недостаток витаминов А, В, Е и каротиноидов регистрируется у подавляющего большинства детей в крупных городах [1, 5–7].

Принятое в 1999 г. Постановление Правительства РФ № 1119 «О мерах по профилактике йодного дефицита» способствовало возобновлению изучения и лик-

видации данной проблемы на государственном уровне.

Учитывая вышеизложенное, представляется весьма важным оценить современные особенности распространенности дефицита микронутриентов на территории Саратовской области, являющейся эндемичной по дефициту йода, и на основе комплексного подхода к оценке эндемичности разработать управляемую систему выявления, коррекции, профилактики нарушений здоровья детского населения, связанных с риском развития дефицитных состояний в экосистеме региона.

Группами риска развития по микронутриентной недостаточности являются дети в критические периоды роста (до 3 лет, 5–7 лет, в период пубертата – 11–15 лет), дети во время социально-биологической адаптации (первоклассники, школьники при переходе к предметному обучению и в период экзаменов). Особую группу риска составляют длительно и часто болеющие дети [2, 4, 6–11].

© Сергеева С.В., Кожанова О.И., Хан А.В., Фомичева Н.К., 2013

Сергеева Светлана Владимировна – кандидат медицинских наук, заместитель руководителя (e-mail: Sergeeva_SV@64.rosпотребнадзор.ru; тел.: 8 (852) 201858).

Кожанова Ольга Ивановна – руководитель (e-mail: Koganova_OI@64.rosпотребнадзор.ru, тел.: 8 (842) 201858).

Хан Александр Владимирович – начальник отдела социально-гигиенического мониторинга (e-mail: Khan_AV@64.rosпотребнадзор.ru, тел.: 8 (842) 228975).

Фомичева Наталья Константиновна – главный специалист – эксперт отдела надзора по гигиене питания (e-mail: Fomicheva_NK@64.rosпотребнадзор.ru, тел.: 8 (842) 228848).

В 2012 г. в области зарегистрировано 8,9 тыс. случаев заболеваний, связанных с микронутриентной недостаточностью, это аналогично числу таковых в 2011 г. Удельный вес детской заболеваемости ежегодно составляет от 30 до 32 % от всех впервые зарегистрированных случаев микронутриентной недостаточности.

Показатель первичной заболеваемости среди детей до 14 лет в 2012 г. составил 7,9 на 1000 детского населения области и идентичен таковому в 2011 г. Заболеваемость среди детей, ассоциированная с микронутриентной недостаточностью, в течение последних трех

лет чаще всего превышала среднеобластные данные в следующих районах: Новобураском – в 3 раза, Энгельском – от 1,5 до 3 раз, Турковском – от 2 до 3,8 раза, Романовском – в 2 раза, Озинском – в 1,5 раза (рис. 1).

Показатель первичной заболеваемости среди взрослого населения в 2012 г. составил 2,9 на 1000 взрослого населения, он аналогичен таковым 2011 и 2010 г. Заболеваемость среди взрослого населения в течение последних трех лет чаще всего превышала среднеобластные данные в следующих районах: Новоузенском – в 2 раза, Озинском – в 2 раза, Балаковском – в 1,5 раза (рис. 2).

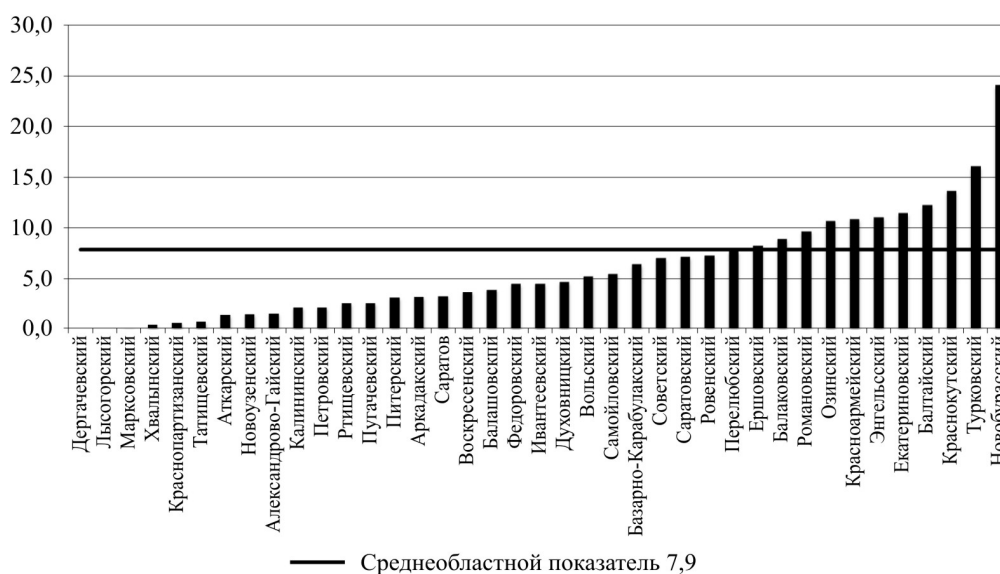


Рис. 1. Ранжирование территорий Саратовской области по микронутриентной недостаточности среди детей в 2012 г. (на 1000 детского населения)

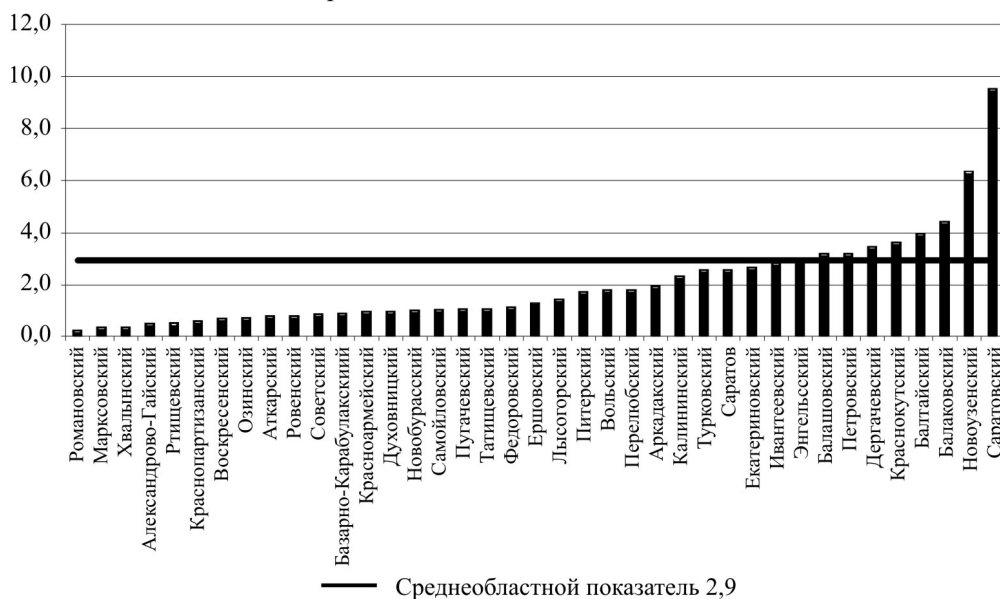


Рис. 2. Ранжирование территорий Саратовской области по микронутриентной недостаточности среди взрослых в 2012 г. (на 1000 взрослого населения)

Анализ эколого-гигиенического и эпидемиологического состояния окружающей среды региона позволил определить отправные механизмы воздействия на организм человека загрязняющих факторов внешней среды, пути попадания в организм и воздействие («доза–риск–заболевание»). Схема формирования риска для здоровья населения позволяет определить механизмы влияния на организм человека и спектр профилактических направлений (рис. 3).

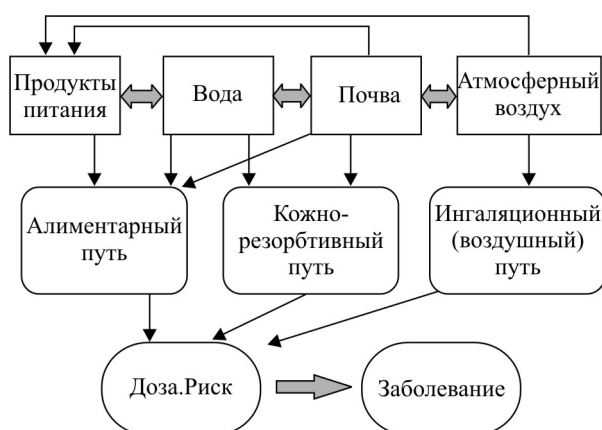


Рис. 3. Схема формирования риска для здоровья населения

Механизмами урегулирования негативного влияния на организм человека факторов внешней среды могут быть только государственные управленческие системы, основанные на законодательных актах, исполнение которых контролируется. Управленческими механизмами, сформированными в ходе проведения исследования, являются разработанные в области по нашей инициативе целевые программы, включающие научно обоснованные подходы к коррективке питания детей и подростков области – «Профилактика семейного неблагополучия и социального сиротства несовершеннолетних в Саратовской области на 2011–2013 гг.», «Доступная среда на 2011–2013 гг.», «Развитие образования Саратовской области на 2013–2015 гг.», подпрограмма «Здоровое поколение», «Организация отдыха, оздоровления и занятости детей и подростков», «О дополнительных мерах по улучшению демографической ситуации в Саратовской области», «Охрана здоровья детей и молодежи», «Дети и семья».

В рамках оздоровления экологической обстановки на территории области по инициативе Управления созданы и работают три программы – «Обеспечение населения Саратовской области питьевой водой на 2011–2015 гг.», «Экологическое оздоровление Саратовской области на 2009–2013 гг.», «Обеспечение системы химической и биологической безопасности Саратовской области на 2009–2013 гг.», Постановления и Распоряжения Правительства Саратовской области № 258-П от 18.06.2008 г. «Об участии в проведении социально-гигиенического мониторинга Саратовской области», № 6-Пр от 21.01.2005 г. «О профилактике йоддефицита». Деятельность по профилактике дефицита микронутриентов в питании населения Саратовской области осуществляется Управлением Роспотребнадзора по Саратовской области на постоянной основе при поддержке Правительства Саратовской области во взаимодействии с заинтересованными министерствами, ведомствами, организациями.

Проводится ежегодный мониторинг состояния питания взрослого и детского населения, производства обогащенных продуктов. На сегодняшний день остаются низкими, по сравнению с физиологическими нормами, потребление молока и молочных продуктов, фруктов, овощей, картофеля, яиц. Превышает физиологическую норму уровень потребления сахара и кондитерских изделий, хлеба, хлебобулочных, макаронных изделий.

В целях профилактики дефицита микронутриентов, связанного с несбалансированностью питания населения, по инициативе Управления в области приняты и действуют распоряжения Правительства Саратовской области – «Об обогащении продуктов массового потребления микронутриентами и обеспечении ими населения Саратовской области», «О дополнительных мерах по обеспечению населения области продуктами массового потребления, обогащенными микронутриентами».

В соответствии с законом Саратовской области № 138-ЗСО «О внесении измене-

ний в Закон Саратовской области “Об образовании” с 01.01.2010 г. каждый ребенок в начальной школе бесплатно получает ежедневно стакан молока. На ОАО «Молочный комбинат “Энгельский”» установлены две технологические линии по выпуску продукции «Школьное молоко», в том числе обогащенное комплексом витаминов.

Всего в Саратовской области обогащенную продукцию вырабатывают на 30 предприятиях (хлебокомбинаты, пекарни, молокоперерабатывающие заводы, предприятия по производству питьевой воды, расфасованной в емкости, кондитерские фабрики). Это составляет немногим более 4 % от общего количества предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, что ниже среднего уровня по Российской Федерации.

Главной причиной низкой активности местные предприятия-изготовители указывают отсутствие устойчивого потребительского спроса на обогащенную продукцию. Вместе с тем со стороны самих предприятий реклама такой продукции недостаточна, формы подачи ее неэффективны.

С учетом актуальности проблем, связанных с пропагандой здорового питания, по инициативе Управления Роспотребнадзора по Саратовской области при поддержке Правительства Саратовской области в 2010 г. в г. Саратове была проведена областная научно-практическая конференция с участием академика РАН, профессора, доктора медицинских наук, директора ГУ НИИ питания РАН В.А. Тутельяна. По итогам конференции принята резолюция, разработан проект и утверждена Концепция здорового питания населения Саратовской области на период до 2020 г. В числе задач Концепции – развитие местного производства обогащенных продуктов. В целях повышения информи-

рованности населения о мерах профилактики дефицита микронутриентов, формирования культуры правильного питания и здорового образа жизни используются средства массовой информации, образовательные программы, площадки для публичных выступлений с различной аудиторией слушателей. Так, в 85,0 % школ области в 1–6-х классах реализуется программа «Разговор о правильном питании». Ежегодно на первом родительском собрании в школах проводится беседа о рациональном питании. Занятия по данной тематике предусмотрены на ежеквартальных семинарах, организуемых для медицинских работников. Специалисты Управления Роспотребнадзора по Саратовской области выступают с докладами, сообщениями по вопросам профилактического питания на совещаниях, семинарах с диетврачами, диетсестрами, работниками пищеблоков лечебных учреждений, руководителями образовательных, промышленных предприятий и др.

Вопросы культуры питания, профилактики дефицита микронутриентов в питании включены в программу санитарного минимума для декретированных категорий работающих, обучение проводится на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области».

В августе 2013 г. вопрос обеспечения населения области обогащенными пищевыми продуктами заслушивался на совещании у заместителя Председателя Правительства Саратовской области. По итогам совещания принято решение с перечнем поручений министерствам и руководителям пищевой и перерабатывающей промышленности, направленное на организацию поддержки производителей обогащенной продукции и усиление информационной работы.

Список литературы

1. Веденькина Л.К. Микронутриентный статус и здоровье населения Рязанской области: проблемы биомониторинга // Здоровое питание: воспитание, образование, реклама: материалы VI Всероссийской конференции. – М., 2001. – С. 36–37.
2. Микронутриенты в питании здорового и больного человека / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов, В.А. Кудашева. – М.: Колос, 2002. – 424 с.

3. Микронутриенты и антиоксиданты в составе обогащенных и функциональных пищевых продуктов / В.К. Мазо, В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская, В.В. Пенева // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 2. – С. 55–58.
4. Онищенко Г.Г., Тутельян В.А. Советы специалистов по правильному и здоровому питанию // Товаровед продовольственных товаров. – 2009. – № 3. – С. 55–56.
5. Работаев Е.Ф., Хохлова Е.А. Актуальные проблемы микронутриентной недостаточности в Чувашской Республике // Гигиена и санитария. – 2009. – № 1. – С. 36–38.
6. Систематический анализ взаимосвязи дефицита витаминов и врожденных пороков развития / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, Н.К. Тетруашвили, Е.Ю. Лисицына // Consilium Medicum (Врачебный консилиум). – 2012. – Т. 14, № 6. – С. 34–40.
7. Хотимченко С.А., Алексеева И.А., Батурин А.К. Распространенность и профилактика дефицита железа у детей и беременных женщин: влияние пищевого фактора // Российский педиатрический журнал. – 1999. – № 1. – С. 21–29.
8. Aggett P.J. Trace elements of the micropremie // Clin Perinatal. – 2000. – Vol. 27, № 1. – P. 119–129.
9. Antioxidant vitamin intake reduces progression of carotid artery intima media thickness / H. Hodis et al. // Circulation. – 1996. – Vol. 94, suppl. 1. – P. 1508.
10. Grischka E.M. Nutrition during pregnancy – current aspects // MMW. Fortschr. Med. – 2004. – Vol. 146. – P. 29–30.
11. Growth, nutrient retention and metabolic response in low birthweight infant fed varying intakes of protein and energy / S. Kashyap et al. // J. Pediatr. – 1988. – Vol. 113. – P. 713.

References

1. Veden'kina L.K. Mikronutrientnyj status i zdorov'enaselenija Rjazanskoj oblasti: problemy biomonitoringa [Micronutrient status and health in the Ryazan Region citizens: monitoring issues]. *Zdorovoe pitanie: vospitanie, obrazovanie, reklama: materialy VI-oj Vserossijskoj konferencii*, Moscow, 2001, pp. 36–37.
2. Tutel'jan V.A., Spirichev V.B., Suhanov B.P., Kudasheva V.A. Mikronutrienty v pitanii zdorovogo i bol'nogo cheloveka [Micronutrients in the diet of healthy and sick individuals]. Moscow: Kolos, 2002. 424 p.
3. Mazo V.K., Kodencova V.M., Vrzhesinskaja O.A., Peneva V.V. Mikronutrienty i antioksidanty v sostave obogashennyh i funkcional'nyh pishhevyh produktov [Micronutrients and antioxidants contained in enriched and functional food products]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny*, 2013, no. 2, pp. 55–58.
4. Onishchenko G.G., Tutel'jan V.A. Sovety specialistov po pravil'nomu i zdorovomu pitaniyu [Professional advice on nutritional and healthy eating]. *Tovarovedprodovol'stvennyhtovarov*, 2009, no. 3, pp. 55–56.
5. Rabotaev E.F., Hohlova E.A. Aktual'nye problemy mikronutrientnoj nedostatochnosti v Chuvashskoj Respublike [Acute issues of micronutrient deficiency in the Chuvash Republic]. *Gigiena i sanitarija*, 2009, no. 1, pp. 36–38.
6. Gromova O.A., Torshin I.Ju., Tetruashvili N.K., Lisicyna E.Ju. Sistemicheskij analiz vzaimosvjazi defici-tavitaminov i vrozhdennyh porokov razvitiya [Systems analysis of the relationship between vitamin deficiency and congenital malformations]. *Consilium Medicum (Vrachebnyj konsilium)*, 2012. vol. 14, no. 6, pp. 34–40.
7. Hotimchenko S.A., Alekseeva I.A., Baturin A.K. Rasprostranennost' i profilaktika deficitazheleza u detej i beremennyh zhenshhin: vlijanie pishhevogo faktora [The prevalence and prevention of iron deficiency in children and pregnant women: the influence of the food factor]. *Rossijskij peditricheskij zhurnal*, 1999, no. 1, pp. 21–29.
8. Aggett P.J. Trace elements of the micropremie. *Clin Perinatal*, 2000, vol. 27, no. 1, p. 119–129.
9. Hodis H. et al. Antioxidant vitamin intake reduces progression of carotid artery intima media thickness. *Circulation*, 1996, vol. 94, suppl. 1, p. 1508.
10. Grischka E.M. Nutrition during pregnancy – current aspects. *MMW. Fortschr. Med*, 2004, vol. 146, pp. 29–30.
11. Kashyap S. et al. Growth, nutrient retention and metabolic response in low birthweight infant fed varying intakes of protein and energy. *J. Pediatr*, 1988, vol. 113, p. 713.

MICRONUTRIENT DEFICIENCY AND MECHANISMS OF ITS REGULATION IN THE SARATOV REGION

S.V. Sergeyeva, O.I. Kozhanova, A.V. Khan, N.K. Fomicheva

Saratov Region Department of the Federal Service on Customers' Rights
Protection and Human Well-Being Surveillance,
Russian Federation, Saratov, 7 Volskaya St., 410028

Vitamin and micronutrient deficiency is an acute issue for all of the Russian Federation regions. This paper evaluates current characteristics of micronutrient deficiency in the Saratov region. Based on a comprehensive approach, the paper suggests the development of a managed system of the detection, correction and prevention of health disorders, related to the risk of developing micronutrient deficiency, in children.

Key words: population, nutrition, micronutrients, deficiency, disease incidence in adults and children, prevention, management mechanisms.

© Sergeyeva S.V., Kozhanova O.I., Khan A.V., Fomicheva N.K., 2013

Sergeyeva Svetlana Vladimirovna – PhD in Medicine, Deputy Head (e-mail: Sergeeva_SV@64.rospotrebnadzor.ru, tel.: 8 (852) 20-18-58).

Kozhanova Olga Ivanovna – Head (e-mail: Kozhanova_OI@64.rospotrebnadzor.ru, tel.: 8 (842) 20-18-58).

Khan Alexandr Vladimirovich – Head of Social and Environmental Health Monitoring (e-mail: Khan_AV@64.rospotrebnadzor.ru, tel.: 8 (842) 22-89-75).

Fomicheva Natalya Konstantinovna – Chief Specialist-Expert of the Department of Food Hygiene (e-mail: Fomicheva_NK@64.rospotrebnadzor.ru, tel.: 8 (842) 22-88-48).

УДК 613.64: 616.717 – 057

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА КАК ПРЕДИКТОРА КАРДИОВАСКУЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ

А.С. Байдина, В.Б. Алексеев, А.Е. Носов, Е.А. Ширинкина

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

Результаты оценки риска развития метаболического синдрома у работников предприятия нефтедобычи показали, что профессиональную экспозицию ароматическими углеводородами необходимо рассматривать как фактор риска кардиоваскулярной патологии. Установлено, что среди работников, экспонированных ароматическими углеводородами, на 16 % больше распространенность метаболического синдрома, на 13,9 % – артериальной гипертензии. В профессиональных группах, экспонированных ароматическими углеводородами, отдельные компоненты метаболического синдрома – гиперурикемия (ЕФ 52,33 %) и гиперлептинемия (ЕФ 33,02 %) – и метаболический синдром в целом (ЕФ 36,75 %) являются производственно-обусловленными. Этиологический вклад бензола и толуола в развитие метаболического синдрома составляет 4,62 %.

Ключевые слова: ароматические углеводороды, метаболический синдром, предприятие нефтедобычи, артериальная гипертензия, гиперурикемия, гиперлептинемия.

Болезни системы кровообращения являются ведущей причиной смертности. Наибольшие людские потери, в том числе в трудоспособных возрастах, обусловлены заболеваниями, связанными с атеросклерозом: ишемической болезнью сердца (ИБС), цереброваскулярной болезнью (ЦВБ), артериальной гипертензией (АГ), атеросклеротическими поражениями аорты и периферических артерий.

Доля сердечно-сосудистой патологии в структуре причин временной утраты трудоспособности составляет 12 % и почти 50 % в структуре стойкой утраты трудоспособности [2]. Работающее население, подвергающееся двойной нагрузке производственных и непроизводственных факторов, рассматривается как группа риска [8].

Стратегическое значение для экономики Российской Федерации имеют предприятия нефтедобывающей отрасли. На территории нашей страны добывается свыше 18 % мирового производства углеводородов [4]. Нефтедобывающая отрасль является ключевой и для экономики Пермского края. По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики среднегодовая численность работников, занятых на добыче топливно-энергетических полезных ископаемых, составляет 14,7 тыс. человек. Половина от общей численности работают во вредных и опасных условиях труда. У работников нефтедобывающей промышленности распространенность артериальной гипертензии составляет 43,2 %, гиперхолестеринемии – 48,3 %, ожирения – 10,4 % [9].

© Байдина А.С., Алексеев В.Б., Носов А.Е., Ширинкина Е.А., 2013

Байдина Анастасия Сергеевна – врач-кардиолог консультативно-поликлинического отделения (e-mail: x_gau@perm.ru; тел.: +7 (342) 236-87-60).

Алексеев Вадим Борисович – доктор медицинских наук, заместитель директора по организационно-методической работе (e-mail: vadim@fcrisk.ru; тел.: +7 (342) 237-25-34).

Носов Александр Евгеньевич – кандидат медицинских наук, заведующий терапевтическим отделением Центра медицины труда и профпатологии (e-mail: nosov@fcrisk.ru; тел.: +7 (342) 237-87-80).

Ширинкина Елена Анатольевна – врач-эндокринолог консультативно-поликлинического отделения (e-mail: root@fcrisk.ru; тел.: +7 (342) 236-87-60).

В связи с высокой смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и полиэтиологичностью данной патологии актуальна оценка вклада производственных факторов в формирование риска её развития. В ряду потенциальных факторов риска в аспекте негативного воздействия на сердечно-сосудистую систему работников нефтедобычи (шум, вибрация, тяжесть трудового процесса, микроклимат, освещенность) называются и различные химические вещества, присутствующие в воздухе рабочей зоны [1]. Основным и постоянным химическим производственным фактором является сумма различных углеводородов. В нефти различных типов содержится от 10 до 20 % ароматических углеводородов [8]. Традиционно большее внимание уделяется изучению влияния на сердечно-сосудистую систему работников физических, психофизиологических факторов, в то время как исследования по влиянию химических факторов малочисленны. Литературные данные по влиянию ароматических углеводородов на сердечно-сосудистую систему представлены скудно [3, 5–7, 10, 11].

Цель исследования – выделить факторы риска метаболического синдрома и определить вклад ароматических углеводородов производственной среды в развитие метаболического синдрома как предиктора кардиоваскулярной патологии у работников нефтедобывающего предприятия.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись 242 работника предприятия нефтедобычи (цех добычи нефти и газа (ЦДНГ)), подвергающиеся производственной экспозиции ароматическими углеводородами, условия их труда и образ жизни.

Группу наблюдения составили 192 человека, которые по данным карт аттестации рабочих мест подвержены экспозиции химическими факторами. Группу сравнения составили 50 работников предприятия, у которых по данным карт аттестации рабочих мест отсутствует вероятность воздействия химического фактора. В группу наблюдения вошли операторы по добыче

нефти и газа, в группу сравнения – операторы обезвоживающей и обессоливающей установки, машинисты насосных станций по закачке рабочего агента в пласт. Средний возраст работников в группе наблюдения составил $38,2 \pm 10,5$ г., в группе сравнения – $37,3 \pm 10,8$ г., $p = 0,6$. Стаж работы на предприятии в основной группе – $12,0 \pm 9,2$ г., в группе сравнения – $10,6 \pm 9,3$ г., $p = 0,3$. В исследование были включены только мужчины.

Оценка условий труда проводилась согласно Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Осуществлялся сбор, анализ и обобщение результатов аттестации рабочих мест по условиям труда. Оценивалось содержание химических соединений (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы) в воздухе рабочей зоны и в крови рабочих. Химико-аналитические исследования крови и проб воздуха выполнялись с помощью метода газовой хроматографии на газовом хроматографе «Кристалл-5000» на капиллярной колонке HP-FFAP длиной 50 м, диаметром $0,32 \text{ мм} \times 0,50 \text{ мкм}$, с детектором ионизации в пламени. Исследования крови выполнялись в соответствии с МУК 4.1.765-99 «Газохроматографический метод количественного определения ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилол) в биосредах (кровь)».

Проводилось специализированное клинико-лабораторное исследование рабочих, анкетирование по оценке социальных факторов и факторов образа жизни, осмотр кардиологом с измерением окружности талии и артериального давления, лабораторные исследования (глюкоза крови, общий холестерин, триглицериды, холестерин липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП), холестерин липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛПВП), лептин и мочевая кислота крови).

Лабораторная диагностика выполнялась с помощью автоматического биохимического анализатора Konelab (Финляндия) (зав. № 21923, ФС № 2006/2924, РОСС FI.ME20. НО 1902, ГОСТ Р 50444-92, ГОСТ Р 51350-99).

Данные подвергались обработке с помощью программы Statistika 6.0 и специально разработанных программных продуктов. Количественные признаки при параметрическом распределении данных описывались с помощью среднеарифметического значения и стандартного отклонения в виде $M \pm s$, при непараметрическом – медианы и интерквартильного размаха (25-й и 75-й процентиля) в виде $Me (25; 75)$. Нормальность распределения количественных признаков оценивалась по критерию Шапиро–Уилка. Качественные признаки описывались с помощью абсолютных значений и соответствующей частоты событий (в %). Для анализа количественных данных при их нормальном распределении использовали t -критерий Стьюдента, при распределении, отличном от нормального, – критерий Манна–Уитни. Для сравнения качественных признаков в группах использовались критерий Пирсона хи-квадрат и критерий Фишера. Для выявления связи между изучаемыми признаками применялись корреляционные анализы по Спирмену и Пирсону. Статистическая обработка данных по оценке социальных факторов осуществлялась при помощи пакета программ SPSS 16.0 for Windows. Адекватность модели проверяли с помощью процедуры дисперсионного анализа, основанной на расчете коэффициента детерминации (R^2). Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$. Сравнительную оценку вероятностной взаимосвязи между признаками в группах оценивали по отношению шансов (OR) и относительного риска (RR) с анализом 95%-ного доверительного интервала (CI), этиологической доли ответов, обусловленной воздействием фактора риска (EF).

Результаты и их обсуждение. Основными производственными факторами, воздействующими на работников, являлись шум, вибрация, тяжесть и напряженность трудового процесса, микроклимат, освещенность и химические вещества, присутствующие в воздухе рабочей зоны. Химический фактор рабочей среды был представлен суммой различных углеводородов (ароматические углеводороды и углеводороды алифа-

тические предельные C1–10) – вредными веществами 2–4-го классов опасности. Исследования проб воздуха рабочей зоны на содержание химических веществ показали, что в отобранных пробах зарегистрированы отличные от нуля концентрации по исследуемым органическим соединениям – бензолу, толуолу, этилбензолу, ксилолам (табл. 1). В течение всего периода наблюдений периодически фиксировались превышения максимально разовых концентраций, но превышений среднесменных допустимых норм в пробах воздуха не было обнаружено.

По результатам аттестации рабочих мест определено, что работники групп наблюдения и сравнения отличаются классом условий труда по химическому фактору. У группы наблюдения общий класс условий труда аттестован как вредный класс условий труда (3.1), в том числе по химическому фактору (3.1). У группы сравнения общий класс условий труда аттестован как вредный класс условий труда (3.1), но по химическому фактору – допустимый (0–2.0).

В результате проведенных химико-аналитических исследований было установлено, что бензол и толуол в значимых концентрациях определялись только в крови работников группы наблюдения (табл. 2). Исследуемые ароматические углеводороды (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы) во всех пробах крови фиксировались в концентрациях, статистически значимо превышающих фоновые.

Воздействие других факторов производственной среды и трудового процесса было одинаковым для обеих групп: на всех рабочих местах эквивалентные уровни общей вибрации соответствуют требованиям СН 2.2.4/2.1.8.566-96; параметры микроклимата удовлетворяют допустимому классу условий труда 2.0; тяжесть и напряженность трудового процесса на всех рабочих местах соответствуют классу 2.0; производственный шум и освещение – классу 3.1 (на всех рабочих местах регистрировались уровни шума, превышающие ПДУ на 7 дБА и показатели коэффициента пульсации с превышениями от 16 до 34 %).

Таблица 1

Содержание ароматических углеводородов в воздухе рабочей зоны предприятия нефтедобычи (среднесменная концентрация, мг/м³)

Дата	Бензол, ПДК = 5	Толуол, ПДК = 50	Этилбензол, ПДК = 50	Ксилолы, ПДК = 50
Площадка насосов внешней откачки ЦДНГ № 12				
05.07.2011 г.	0,0125	0,015	0,003	0,0043
Резервуарный парк ЦДНГ № 12				
05.07.2011 г.	0,0075	0,0078	0,001	0,0038
Нефтенасосная ЦДНГ № 11				
24.04.2012 г.	0,005	0,008	0,003	0,01
Кустовая насосная станция 1109 ЦДНГ № 11				
25.04.2012 г.	0,007	0,005	0,005	0,008
Скважина ЦДНГ № 11				
24.04.2012 г.	0,002	0,004	0,002	0,002
Дожимная насосная станция 1101 ЦДНГ № 11				
25.04.2012 г.	0,011	0,02	0,004	0,01
Нефтенасосная ЦДНГ № 5				
03.05.2012 г.	0,003	0,006	0,001	0,008
Кустовая насосная станция 1109 ЦДНГ № 5				
03.05.2012 г.	0,003	0,006	0,002	0,011
Скважина оператор ЦДНГ № 5				
04.05.2012 г.	0,002	0,004	0,001	0,004
Дожимная насосная станция 1101 ЦДНГ № 5				
03.05.2012 г.	0,005	0,008	0,001	0,013

Таблица 2

Содержание ароматических углеводородов в крови (мкг/см³) в группе наблюдения, в группе сравнения и фоновые концентрации

Показатель	Группа наблюдения <i>Me</i> (25; 75)	Группа сравнения <i>Me</i> (25; 75)	Фоновые концентрации	<i>p</i> ₁	<i>p</i> ₂
Бензол	0,018 (0,012; 0,03)	0,00 (0,00; 0,003)	0	<0,001	<0,001
Толуол	0,004 (0,001; 0,011)	0,00 (0,00; 0,001)	0	<0,001	<0,001
Этилбензол	0,00 (0,00; 0,003)	0,00 (0,00; 0,005)	0	<0,001	0,916
О-ксилол	0,00 (0,00; 0,007)	0,00 (0,00; 0,004)	0	<0,001	0,855
П, м-ксилол	0,00 (0,00; 0,006)	0,00 (0,00; 0,003)	0	0,003	0,948

Примечание: *p*₁ – различие с фоновыми концентрациями; *p*₂ – межгрупповое различие.

Медико-социологическая оценка не выявила между группами наблюдения и сравнения достоверных различий по распространности социальных факторов риска (уровень образования, уровень дохода, семейное положение), поведенческих факторов риска и негативных факторов образа жизни, *p*>0,05.

В обеих группах обнаружена высокая частота распространности абдоминального ожирения: в группе наблюдения – 49,4 %, в группе сравнения – 46 %, *p*>0,05.

В группе работников, экспонируемых ароматическими углеводородами, выявлена большая распространенность метаболического синдрома и отдельных его компонентов: 44 % – метаболический синдром; 44,2 % – артериальная гипертензия; 20 % – гипергликемия натощак; дислипидемия в виде снижения ХС-ЛПВП и повышения ХС-ЛПНП; 42 % – гиперурикемия; повышение уровня лептина в крови – маркера метаболического синдрома (*p*≤0,05).

У работников, экспонируемых ароматическими углеводородами, основным ССЗ является АГ. В группе наблюдения АГ регистрировалась в 44,2 % случаев, а в группе сравнения – в 30,3 %, $p = 0,048$. Анализ показателя отношения шансов позволил установить достоверную связь развития АГ при увеличении в крови концентрации бензола ($R^2 = 0,433$; $p < 0,05$) (рисунок).

Результаты эпидемиологического анализа показали (табл. 3), что гиперурикемию и гиперлептинемию можно считать производственно обусловленными, так как степень связи гиперурикемии и гиперлептинемии с ароматическими углеводородами высокая ($EF = 52,33$ %) и средняя ($EF = 33,02$ %) соответственно. Кроме того, производственно обусловленным можно считать метаболический синдром в целом ($EF = 36,75$ %).

При гигиенической оценке воздействия ароматических углеводородов производственной среды показано, что бензол и толуол, присутствующие в воздухе рабочей зоны, даже в концентрациях, не превышающих среднесменные допустимые нормативы, вносят свой вклад в развитие производственно обусловленного метаболического синдрома у рабочих нефтедобывающего предприятия – EF 1,72 % и 2,9 % соответственно. Определено, что бензол, и толуол усиливают воздействие традиционных факторов риска метаболического синдрома у рабочих нефтедобывающего предприятия.

Выводы. Метаболический синдром как предиктор патологии сердечно-сосудистой системы у работников, экспонированных ароматическими углеводородами, характеризуется выраженными нарушениями

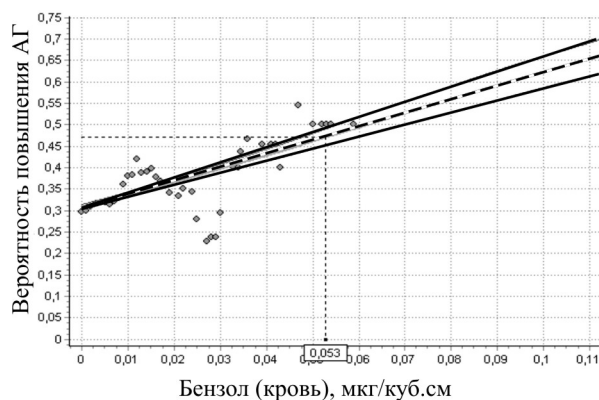


Рис. Зависимость вероятности развития АГ от содержания бензола в крови; $R^2 = 0,433$; $p < 0,05$

липидного, углеводного и пуринового обменов, повышением уровня лептина в крови. Такой компонент метаболического синдрома, как АГ, имеет высокую распространенность. Распространенность метаболического синдрома и его компонентов выше в профессиональных группах, экспонируемых ароматическими углеводородами (доля работников с метаболическим синдромом больше на 16 %, с гипергликемией натощак – на 12 %, с АГ – на 13,9 %), при отсутствии различий по социальным и поведенческим факторам риска. Результаты эпидемиологического анализа выявили высокую и среднюю степень связи между содержанием ароматических углеводородов в крови работников и метаболическим синдромом ($OR = 2,04$, $EF = 36,75$ %), а также отдельными его компонентами (гиперлептинемия: $OR = 1,89$, $EF = 33,02$ %; гиперурикемия: $OR = 5,48$, $EF = 52,33$ %). Этиологический вклад бензола и толуола в развитие метаболического синдрома составляет порядка 5 %.

Таблица 3

Эпидемиологические показатели степени причинно-следственной связи метаболического синдрома и его компонентов с содержанием ароматических углеводородов в крови работников

Нарушение здоровья	OR (95 % CI)	RR (95 % CI)	EF (%)	Степень связи нарушений здоровья с работой
Повышение содержания в крови лептина	1,89 (1,03–3,9)	1,49 (0,95–2,35)	33,02	Средняя
Повышение содержания в крови мочевой кислоты	5,48 (2,87–10,50)	2,10 (1,58–2,78)	52,33	Высокая
Метаболический синдром	2,04 (1,1–4,23)	1,58 (1,02–2,52)	36,75	Средняя

Таким образом, полученные данные подтверждают производственную обусловленность метаболического синдрома, являющегося предиктором развития сердечно-сосудистых заболеваний (АГ, ИБС, ЦВБ), и свидетельствуют об ароматических углеводородах как производственном факторе риска кардиоваскулярной патологии.

Список литературы

1. Заболевания сердечно-сосудистой системы у рабочих основных профессий нефтедобывающей промышленности / Г.Г. Гимранова и др. // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2009. – № 1. – С. 68–72.
2. Измеров Н.Ф., Сквирская Г.П. Условия труда как фактор риска развития заболеваний и смертности от сердечно-сосудистой патологии // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – № 2. – С. 14–20.
3. Измеров Н.Ф. Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, Э. И. Денисова. – М.: Тривант, 2003. – 448 с.
4. Коржубаев А.Г., Эдер Л.В. Нефтедобывающая промышленность России // Бурение и нефть. – 2011. – № 4. – С. 3–8.
5. Кончаловская Н.М. Сердечно-сосудистая система при действии профессиональных факторов. – М.: Медицина, 1976. – 254 с.
6. Мосин Л.М., Астахова З.Т. Влияние «техногенных» химических факторов на основные показатели функции сердца // Кардиология. – 1995. – № 11. – С. 54.
7. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / под ред. Г.Г. Онищенко. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 532 с.
8. Российская энциклопедия по медицине труда / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: Медицина, 2005. – 653 с.
9. Уразаева Э.Р. Состояние сердечно-сосудистой системы у рабочих нефтедобывающей промышленности // Проблемы гигиенической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения: матер. науч.-практ. конф. – Н. Новгород, 2004. – С. 301–303.
10. Kotseva K., Popov T. Study of the cardiovascular effects of occupational exposure to organic solvents // Int. Arch. Occup. Environ. Health. – 1998. – Vol. 71. – P. 87–91.
11. Kristensen T.S. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on chemical factors // Scand. J. Work Environ. Health. – 1989. – Vol. 15. – P. 245–264.

References

1. Gimranova G.G. Zabolevanija serdechno-sosudistoj sistemy u rabochih osnovnyh professij nefte dobyvashhej promyshlennosti [Cardiovascular diseases in workers of major occupations in the oil industry]. *Bjulleten' VSNC SO RAMN*, 2009, no. 1, pp. 68–72.
2. Izmerov N.F., Skvirskaja G.P. Uslovija truda kak faktor riska razvitiya zabolevanij i smernosti ot serdechno-sosudistoj patologii [Working conditions as a risk factor for developing diseases and death due to cardiovascular pathologies]. *Bjulleten' VSNC SO RAMN*, 2005, no. 2, pp. 14–20.
3. Izmerov N.F. Professional'nyj risk dlja zdorov'ja rabotnikov: rukovodstvo [Occupational health risk for workers: guidelines]. Ed. N.F. Izmerov, Je. I. Denisov. Moscow: Trovant, 2003. 448 p.
4. Korzhubaev A.G., Jeder L.V. Nefte dobyvashhaja promyshlennost' Rossii [Russian oil-extracting industry]. *Burenie i neft'*, 2011, no. 4, pp. 3–8.
5. Konchalovskaja N.M. Serdechno-sosudistaja sistema pri dejstvii professional'nyh faktorov [The cardiovascular system under exposure to occupational factors]. Moscow: Medicina, 1976. 254 p.
6. Mosin L.M., Astahova Z.T. Vlijanie «tehnogennyh» himicheskikh faktorov na osnovnye pokazateli funkicii serdca [The impact of «technogenic» chemical factors on the main heart function indicators]. *Kardiologija*, 1995, no. 11, p. 54.
7. Onishhenko G.G., Zajceva N.V., Zemljanova M.A. Gigienicheskaja indikacija posledstvij dlja zdorov'ja pri vneshnesredovoj jekspozicii himicheskikh faktorov [Environmental health indication of the potential for health problems following environmental exposure to chemical factors]. Ed. G.G. Onishhenko. Perm': Knizhnyj format, 2011. 532 p.
8. Rossijskaja jenciklopedija po medicine truda [Russian encyclopedia on occupational medicine]. Ed. N.F. Izmerov. Moscow: Medicina, 2005. 653 p.

9. Urazaeva Je.R. Sostojanie serdechno-sosudistoj sistemy u rabochih neftedobyvajushhej promyshlennosti [The condition of the cardiovascular system in oil-extracting industry workers]. *Problemy gigenicheskoy bezopasnosti i upravlenijafaktorami riska dlja zdorov'ja naselenija: mater nauch.-praktkonf.* N. Novgorod, 2004, pp. 301–303.

10. Kotseva K., Popov T. Study of the cardiovascular effects of occupational exposure to organic solvents. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 1998, vol. 71, pp. 87–91.

11. Kristensen T.S. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on chemical factors. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1989, vol. 15, pp. 245–264.

ASSESSING THE RISK OF DEVELOPING THE METABOLIC SYNDROME AS A PREDICTOR OF CARDIOVASCULAR PATHOLOGIES IN OIL-EXTRACTING COMPANY WORKERS

A.S. Baydina, V.B. Alexeyev, A.Ye. Nosov, Ye.A. Shirinkina

FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies»,
Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya St., 614045

The findings of an assessment of the risk of developing the metabolic syndrome in oil-extracting company workers showed that occupational exposure to aromatic hydrocarbons should be considered as a risk factor of cardiovascular pathologies. The incidence of the metabolic syndrome and arterial hypertension in the workers exposed to aromatic hydrocarbons was found to increase by 16% and 13.9%, respectively. In the occupational groups, exposed to aromatic hydrocarbons, individual components of the metabolic syndrome, i.e. hyperuricemia (EF 52.33%) and hyperleptinemia (EF 33.02%), and the metabolic syndrome in general (EF 36.75%) are occupationally induced. The etiological contribution of benzene and toluene to the development of the metabolic syndrome amounted to 4.62%.

Key words: aromatic hydrocarbons, metabolic syndrome, oil-extracting company, arterial hypertension, hyperuricemia, hyperleptinemia

© Baydina A.S., Alexeyev V.B., Nosov A.Ye., Shirinkina Ye.A., 2013

Baydina Anastasia Sergeyevna – Cardiologist, the Outpatient Department (e-mail: x_ray@perm.ru, tel.: +7 (342) 236-87-60).

Alexeyev Vadim Borisovich – DSc in Medicine, Deputy Director for Organizational and Methodical Work (e-mail: vadim@fcrisk.ru, tel.: +7 (342) 237-25-34).

Nosov Alexandr Yevgenyevich – PhD in Medicine, Head of the Adult Outpatient Department, the Center for Occupational Medicine and Pathology (e-mail: nosov@fcrisk.ru, tel.: +7 (342) 237-87-80).

Shirinkina Yelena Anatolyevna – Endocrinologist, the Outpatient Department (e-mail: root@fcrisk.ru, tel.: +7 (342) 236-87-60).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 613.64: 616.717 – 057

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА У ЖЕНЩИН С УГРОЗОЙ НЕВЫНАШИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОЙ АЭРОГЕННОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ФЕНОЛАМИ

О.В. Долгих^{1, 2, 3}, А.В. Кривцов¹, О.А. Бубнова³, В.Б. Алексеев^{1, 3}

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

² ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29,

³ ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Проведенная оценка результатов генодиагностики выявила особенности генетического полиморфизма генов детоксикации и репродукции CYP1A1, CPOX, SULT1A1, ESR1. Установленные генетические особенности у женщин группы исследования представлены преимущественно мутациями генов, отвечающих за ферментсвязывающую активность детоксикации и характеризуются в основном гетерозиготными различиями. Представленные данные свидетельствуют о негативных генетических ассоциациях экспозиции фенолами с угрозой невынашивания.

Ключевые слова: фенолы, угроза невынашивания, гены детоксикации, ген рецептора эстрогена 1.

Состояние репродуктивного здоровья женщин детородного возраста является одним из наиболее социально значимых показателей, характеризующих здоровье общества, и во многом зависит от неблагоприятного воздействия факторов среды [3, 4, 5].

Актуальным является выделение маркерных генетических показателей, которые могут быть использованы в качестве критериев оценки состояния репродуктивной функции и характеризовать особенности невынашивания у женщин фер-

тильного возраста в измененных условиях среды обитания [3, 4].

Применение современных диагностических иммунологических и молекулярно-генетических технологий, в частности, точной цитометрии и ПЦР, позволяет провести объективную и достоверную оценку иммунного ответа и полиморфизма его генов у женщин с невынашиванием в условиях повышенной техногенной химической нагрузки. Анализ и использование в дальнейшем современных диагностических критериев расширяет доказательную базу по

© Долгих О.В., Кривцов А.В., Бубнова О.А., Алексеев В.Б., 2013

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

Кривцов Александр Владимирович – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией иммуногенетики (e-mail: oleg@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 236-39-30).

Бубнова Ольга Алексеевна – кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики (e-mail: oleg@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 236-39-30).

Алексеев Вадим Борисович – доктор медицинских наук, заместитель директора, профессор кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: root@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-25-34).

выявлению причинно-следственных связей патологических и преморбидных состояний, обусловленных воздействием химических факторов среды обитания [2–4, 6].

Цель исследования – оценка особенностей однонуклеотидных полиморфизмов у женщин с угрозой невынашивания в условиях хронической аэрогенной экспозиции фенолами.

Материалы и методы. Выполнено иммунологическое диагностическое обследование женщин с угрозой прерывания беременности, проживающих в г. Перми: из них 22 женщины (группа наблюдения) находились в зоне воздействия химической нагрузки, 24 – вне зоны воздействия (группа сравнения).

Забор материала для ПЦР проводился методом взятия мазков со слизистой оболочки ротоглотки. Затем выделяли ДНК с помощью сорбентного метода, в основе которого лежит разрушение клеток с дальнейшей сорбцией нуклеиновых кислот на сорбент.

Для исследования полиморфных вариантов в изучаемых генах использовали методику ПЦР, основанную на реакции амплификации и детекции продуктов этой реакции в режиме реального времени с помощью флуоресцентных меток, которыми предварительно помечают используемые для реакции амплификации праймеры. Для одновременной детекции нескольких продуктов реакции применяют разные флуоресцентные метки и зонды (мультиплексная ПЦР). В качестве праймеров использовали участок ДНК генов CYP1A1, CPOX, SULT1A1, ESR1. Для определения генотипа человека применялся метод аллельной дискриминации, когда различия между гетерозиготами, гомозиготами дикого и минорного вариантов устанавливали по различиям в протекании реакций амплификации соответствующих праймеров.

Маркером экспозиции был уровень содержания в крови химических веществ, обладающих репротоксичностью (фенолы). Определение органических соединений (мг/л) выполнялось в соответствии с МУК 4.1.2102-4.1.2116-06 на газовом хроматографе [7].

Для статистической обработки результатов исследования применялись современные методы математической статистики (параметрический критерий Стьюдента с учётом нормального распределения переменных в сравниваемых группах; коэффициент корреляции Спирмена). Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$ [1].

Результаты и их обсуждение. Исследования качества атмосферного воздуха были проведены на содержание 15 соединений (фенола, крезолов, формальдегида, бенз(а)пирена, мелкодисперсной фракции пыли PM_{2,5} и PM₁₀, хрома, никеля, марганца и его соединений, свинца, ванадия пятиоксида, меди оксида, оксида кремния). Однако приоритет при анализе был отдан фенолу и крезолом как веществам, специфическим для данного промышленно узла, постоянно присутствующим в атмосферном воздухе и относящимся к репротоксикантам.

Результаты натурных исследований качества атмосферного воздуха позволили установить наличие превышений разовых и среднесуточных гигиенических нормативов в атмосфере: по фенолу – до 2,3 ПДК_{сс}; по п-, м-крезолу – до 2,0 ПДК_{сс}, до 7,4 ПДК_{мр}; по о-крезолу – до 2,0 ПДК_{мр}.

В результате проведенного химико-аналитического анализа содержания загрязнителей в крови женщин группы наблюдения установлено достоверное превышение регионального фонового уровня трикрезола, содержание крезолов отличалось от фоновой концентрации, соответствующей нулевому значению (табл. 1).

Обнаружено достоверное повышение содержания о-крезола и п-, м-крезола в 3,2 и 2,6 раза соответственно в крови женщин, проживающих в условиях внешнесредового воздействия фенолов, по отношению к группе сравнения.

Результаты генетического анализа ДНК и выявленные нарушения представлены в табл. 2. Полиморфизм генов детоксикации и репродукции CYP1A1, CPOX, SULT1A1, ESR1 (гены цитохрома и копропорфириногенаксидазы) характеризует основные раз-

Таблица 1

Содержание трикрезола в крови женщин с угрозой невынашивания ($n = 46$), мкг/см³

Показатель	Основная группа ($n=22$)	Группа сравнения ($n=24$)	Фоновые концентрации	Кратность различий с группой сравнения
П,-м-крезол	0,0097±0,0030*	0,0038±0,004	0	2,6
О-крезол	0,0165±0,005*	0,0052±0,0039	0	3,2

Примечание: * – достоверные различия с группой сравнения и фоном ($p<0,05$).

Таблица 2

Распределение частот генов у женщин с угрозой невынашивания

Ген (ОНП)	Генотип/ аллель	Основная группа, %	Группа сравнения, %
Цитохром Р-450 (CYP1A1)	GG	68,2	82,4
	AG	4,5	5,9
	AA	27,3*	11,8
	G	70	89
	A	30*	11/10
Копропорфириногенокси- даза (CPOX)	GG	54,5	78,3
	AG	40,9*	21,7
	AA	4,5	0
	G	75	89
	A	25*	11/15
Сульфотрансминаза (SULT1A1)	GG	27,3	34,8
	AG	54,5*	39,1
	AA	18,2	26,1
	G	54,5	54
	A	45,5	46/31
Эстрогеновый рецептор (ESR1)	GG	73,7	75
	AG	26,3	25
	AA	0	0
	G	87	87,5
	A	13	12,5/10

Примечание: * – достоверные различия с группой сравнения ($p<0,05$).

личия между двумя группами женщин. Распространенность патологического аллеля CYP1A1 у основной группы в 2,5 раза достоверно ($p<0,05$) превышает аналогичную в группе сравнения.

Установлено негативное распределение частот генов детоксикации (CYP1A1, CPOX, SULT1A1), характеризующееся достоверно повышенной по отношению к данным группы сравнения ($p<0,05$) распространенностью гетерозиготного варианта генов CPOX, SULT1A1 – в 2,0 и 1,5 раза соответственно (см. табл. 1). Выявленные ассоциации усугубляются тем, что у женщин, находящихся в зоне экспозиции фенолами, повышена частота минорной гомозиготы гена CYP1A1

(в 2,5 раза), а также гетерозиготы генов CPOX, SULT1A1, что указывает на наличие негативной генетической вариабельности с предрасположенностью к онкологическим заболеваниям. Ген SULT1A1 (термостабильная фенолсульфотрансфераза), который катализирует не только конъюгацию с сульфатом фенола, нитрофенола и другими простыми производными фенола, но и метаболизм эстрогенов, имеет достоверно высокий полиморфизм, превышающий цитируемый.

По результатам генетического обследования можно сделать вывод, что в группе женщин, проживающих вне зоны риска, иммунологическая толерантность к вынашиванию плода развивается по стандартным

канонам развития интрагенитальной патологии. В то же время изменения и особенности генетического полиморфизма и формирования патологии у женщин, проживающих в зоне экспозиции, указывают на наличие дополнительных факторов, которые приводят к аналогичному результату – невынашиванию беременности, но детерминированной генетической поломкой ферментов детоксикации фенолов. Установлены генетические особенности у женщин основной группы, характеризующиеся мутациями генов, отвечающих за ферментредуцирующую и ферментсвязывающую активность детоксикации – цитохрома, копропорфириногенаксидазы, сульфотрансминазы.

Выводы. Таким образом, оценка результатов анализа полиморфизма генов выявила особенности генетического полиморфизма генов детоксикации CYP1A1, CYP2D6, SULT1A1 и гена эстрогенового рецептора а также их ассоциацию с контаминацией биосред фенолами. Представленные данные свидетельствуют о негативных иммуногенетических ассоциациях экспозиции фенолами с угрозой невынашивания. Маркирование чувствительных генетических показателей послужит основой создания критериев комплексной оценки формирования экстра- и интрагенитальной патологии в условиях воздействия фенола и его производных о-, м- и п-крезолов.

Список литературы

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика / под ред. Н.Е. Бузикашвили и соавт. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
2. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Аминова А.И. Гигиенические аспекты нарушения здоровья детей при воздействии химических факторов среды обитания. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 489 с.
3. Иммуные и ДНК-маркеры воздействия техногенной нагрузки / О.В. Долгих, А.В. Кривцов, Р.А. Харахорина, Д.В. Ланин // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2012. – № 4. – С. 240–241.
4. Куценко С.А. Основы токсикологии. – СПб.: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 2002. – 395 с.
5. Ланин Д.В. Анализ корегуляции иммунной и нейроэндокринной систем в условиях воздействия факторов риска // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 1. – С. 73–81.
6. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Иванов С.И. Современные научные проблемы совершенствования методологии оценки риска здоровью населения // Гигиена и санитария. – 2005. – № 2. – С. 3–8.
7. Сборник методик по определению химических соединений в биологических средах / МУК МЗ РФ № 763-99-4.1.779-99. – М., 1999.

References

1. Glanc S. Mediko-biologicheskaja statistika [Biomedical statistics]. Ed. N.E. Buzikashvili i soavt. Moscow: Praktika, 1998. 459 p.
2. Zajceva N.V., Ustinova O.Ju., Aminova A.I. Gigenicheskie aspekty narushenija zdorov'ja detej pri vozdejstvii himicheskikh faktorov sredy obitanija [Environmental health aspects of medical disorders in children exposed to environmental chemical factors]. Perm': Knizhnyj format, 2011. 489 p.
3. Dolgih O.V., Krivcov A.V., Harahorina R.A., Lanin D.V. Immunnye i DNK-markery vozdejstvija tehnogennoj nagruzki [Immune and DNA markers of technogenic exposure]. *Vestnik Ural'skoj medicinskoj akademicheskoy nauki*, Moscow, 2012, no. 4, pp. 240–241.
4. Kucenko S.A. Osnovy toksikologii [Basics of toxicology]. – SPb.: Voenno-medicinskaja akademija im. S.M. Kirova, 2002. 395 p.
5. Lanin D.V. Analiz koreguljacji immunnoj i nejroendokrinnoj sistem v uslovijah vozdejstvija faktorov riska [The analysis of the co-regulation between the immune and neuroendocrine systems under exposure to risk factors]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 1, pp. 73–81.
6. Rahmanin Ju.A., Novikov S.M., Ivanov S.I. Sovremennye nauchnye problemy sovershenstvovanija metodologii ocenki riska zdorov'ju naselenija [Current scientific issues of improving the health risk assessment methodology]. *Gigiena i sanitarija*, 2005, no. 2, pp. 3–8.
7. Sbornik metodik po opredeleniju himicheskikh soedinenij v biologicheskikh sredah. MUK MZ RF № 763-99-4.1.779-99 [A digest of methods for the determination of chemical compounds in biological media. Methodical guidelines of the Russian Federation Ministry of Health no. 763-99-4.1.779-99]. Moscow, 1999.

CHARACTERISTICS OF GENE POLYMORPHISM IN WOMEN WITH A THREAT OF MISCARRIAGE AND AIRBORNE EXPOSURE TO PHENOLS

O.V. Dolgikh^{1,2,3}, A.V. Krivtsov¹, O.A. Bubnova³, V.B. Alexeyev^{1,3}

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

²Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Perm National Research Polytechnic University», Russian Federation, Perm, 29 Komsomolskiy Ave, 614990,

³Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Perm State National Research University», Russian Federation, Perm, 15 Bukireva St., 614990

The performed assessment of the results of gene diagnostics revealed characteristics of gene polymorphism of detoxification genes and of CYP1A1, CPOX, SULT1A1 and ESR1 reproduction. The determined genetic characteristics include mostly mutations of genes responsible for enzyme detoxification and are defined mainly by differences in the frequency of heterozygotes. The presented data suggest an association between genes and a threat of miscarriage under exposure to phenols.

Key words: phenols, threat of miscarriage, detoxification genes, estrogen receptor 1 gene.

© Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Bubnova O.A., Alexeyev V.B., 2013

Dolgikh Oleg Vladimirovich – Professor, DSc in Medicine, Head of the Department of Immunobiological Diagnostics (e-mail: oleg@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Krivtsov Alexandr Vladimirovich – PhD in Medicine, Head of the Immunogenetics Laboratory (e-mail: oleg@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Bubnova Olga Alexeyevna – PhD in Medicine, Junior Researcher, the Immunogenetics Laboratory (e-mail: oleg@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 236-39-30).

Alexeyev Vadim Borisovich – DSc in Medicine, Deputy Director for Organizational and Methodical Work (e-mail: vadim@fcrisk.ru, tel.: +7 (342) 237-25-34).

УДК 613.2/3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРАМФЕНИКОЛА В МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ

Т.С. Уланова¹, Т.Д. Карнажицкая¹, Е.О. Пшеничникова¹, Э.А. Нахиева^{1,2}

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

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

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

Представлены результаты исследований по разработке методики определения хлорамфеникола в мясной продукции с использованием жидкостной хроматографии в сочетании с масс-селективным детектированием (ЖХ/МС). В ходе проведенных исследований отработаны оптимальные условия проведения анализа хлорамфеникола на жидкостном хроматографе Agilent серии 1200 в сочетании с масс-спектрометрическим детектором с тройным квадруполом LC/MS 6460 Agilent Technologies. Изучены условия эффективного извлечения хлорамфеникола из образцов мяса. В качестве оптимального варианта выбран метод жидкостной экстракции этилацетатом с последующей очисткой экстракта гексаном. Степень извлечения антибиотика из матрицы достигает 70–100 % в зависимости от содержания хлорамфеникола в мясопродуктах. Выполнены исследования по установлению метрологических характеристик разработанной методики, в ходе которых определены значения следующих показателей: точность – не превышает 26 %, воспроизводимость – не более 10 %, повторяемость – не более 5 %. Анализ образцов мясной продукции с помощью разработанной методики выявил присутствие антибиотика в 17,6 % проб.

Ключевые слова: хлорамфеникол, ветеринарный лекарственный препарат, остатки ветеринарных лекарственных препаратов, мясные продукты, метод ЖХ/МС.

Хлорамфеникол (левомицетин) является антибиотиком широкого спектра действия. В ветеринарной медицине хлорамфеникол используют для лечения и профилактики возникновения у сельскохозяйственных животных инфекций, вызванных анаэробными бактериями или устойчивых к другим противомикробным средствам. Хлорамфеникол хорошо всасывается при пероральном и парентеральном поступлении, медленно выводится из организма животных и сравнительно долго сохраняет свою активность при хранении продуктов [13]. Для лечения человека хлорамфеникол используют с большой осторожностью. При исследовании токсичных свойств препарата выявлены ге-

нотоксичность хлорамфеникола и его метаболитов, эмбриотоксичность, канцерогенный риск для человека и отсутствие корреляции в системе «доза–реакция» в случаях апластической анемии, вызванной лечением хлорамфениколом [8, 10, 11].

При употреблении продуктов животного происхождения, содержащих остатки ветеринарных лекарственных препаратов, в организме человека вырабатывается резистентность к антибиотикам, могут развиваться дисбактериоз, аллергические реакции, снижается иммунитет. При постоянном употреблении пищи с остатками ветеринарных лекарственных препаратов повышается нагрузка на системы и органы, от-

© Уланова Т.С., Карнажицкая Т.Д., Пшеничникова Е.О., Нахиева Э.А., 2013

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

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

Пшеничникова Екатерина Олеговна – химик лаборатории методов жидкостной хроматографии (e-mail: root@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 233-10-37).

Нахиева Э.А. – магистрант (e-mail: root@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-25-34).

ветственные за выведение чужеродных соединений из организма (печень, почки) [2].

В странах ЕЭС в отношении ряда ветеринарных лекарственных препаратов, в том числе хлорамфеникола, действует запрет на их содержание в пищевых продуктах. Так, в регламенте стран европейского экономического союза (ЕЭС) № 2377/90 от 1990 г. представлены вещества, содержание которых недопустимо в продуктах в сыром и готовом виде, в их числе присутствует хлорамфеникол. В документе Комиссии Codex Alimentarius, утвержденном в июле 2012 г. на 35-й сессии Комиссии, перечислены запрещенные ветеринарные лекарственные препараты, для которых не может быть установлено никакое допустимое остаточное содержание в продуктах, так как остатки в любом количестве создают риск здоровью человека. В данном перечне присутствует хлорамфеникол [7]. В Российском законодательстве действует технический регламент Таможенного союза, в соответствии с которым не допускается присутствие хлорамфеникола в продуктах убоя, предназначенных для производства мясной продукции (примечание: $< 0,0003$ мг/кг) [6].

Действующие методические указания МУК 4.1.1912-04 устанавливают порядок определения хлорамфеникола в продуктах животного происхождения двумя методами – жидкостной хроматографией, обеспечивающей селективность определения, но имеющей низкую чувствительность – $0,01$ мг/кг (арбитражный метод), и иммуноферментным анализом с высокой чувствительностью определения – $0,000012$ мг/кг, но недостаточной специфичностью и воспроизводимостью результатов [4]. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 13493-2005 «Метод определения содержания хлорамфеникола (левомицетина) с помощью жидкостной хроматографии» минимально определяемая концентрация хлорамфеникола в мясе составляет $0,0065$ мг/кг.

В целях обеспечения контроля безопасности продуктов питания необходимо совершенствовать существующие и разрабатывать новые более высокочувствительные и селективные методики анализа. В настоящее время максимальную чувствительность

и наиболее точную идентификацию сложных органических соединений в продуктах питания и других биологических образцах обеспечивают современные инструментальные методы газовой и жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией (ГХ/МС и ЖХ/МС) [1, 5, 13].

Цель исследования – разработка методики определения хлорамфеникола в мясной продукции с использованием жидкостной хроматографии в сочетании с масс-селективным детектированием (ЖХ/МС).

Материалы и методы. Исследования проведены в лаборатории методов жидкостной хроматографии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» на жидкостном хроматографе Agilent серии 1200 с масс-спектрометрическим детектором с тройным квадруполем LC/MS 6460 Agilent Technologies с ионизацией электростатическим распылением (ESI). В качестве стандартного образца использовали хлорамфеникол чистотой ≥ 98 % (пр-во SIGMA-ALDRICH).

Разработка методики определения хлорамфеникола в продуктах питания включала следующие этапы:

- оптимизация условий масс-спектрометрического анализа;
- извлечение хлорамфеникола из образца и очистка извлеченной пробы;
- количественное определение и качественное подтверждение наличия остатков хлорамфеникола в пробе.

Оптимизацию параметров масс-спектрометрического детектора для качественного определения хлорамфеникола проводили в автоматическом режиме при использовании программы «Optimizer». По литературным данным в условиях ионизации распылением в электрическом поле (ESI) регистрируются отрицательно заряженные частицы хлорамфеникола, в связи с этим исследования проведены в режиме отрицательной ионизации.

При отработке оптимальных условий хроматографического разделения стандартного образца хлорамфеникола с компонентами матрицы предварительно определили оптимальную длину волны диодно-матричного детектора.

Изучение разделения хлорамфеникола с компонентами матрицы проводили на колонках для обращено-фазной хроматографии: Poroshel 120 EC-C18 длиной 50 мм и внутренним диаметром 3,0 мм, размер частиц 2,7 мкм; Eclipse XDB-C18 длиной 150 мм и внутренним диаметром 2,1 мм, размер частиц 5 мкм; Bonus RP длиной 50 мм и внутренним диаметром 4,6 мм, размер частиц 1,8 мкм.

Для выявления мешающего влияния матричных компонентов анализировали образцы мясного фарша с добавлением и без добавления хлорамфеникола в оптимальном режиме элюирования на колонке Bonus RP.

Следующий этап разработки методики анализа хлорамфеникола в мясных продуктах включал отработку способа подготовки проб к анализу. Подготовка пробы влияет на все последующие стадии анализа антибиотика и, следовательно, является критически важным для абсолютной идентификации, подтверждения и количественного определения аналита. Масс-спектрометрия позволяет использовать более простые универсальные методы очистки. Вместе с тем эффективная очистка матрицы является необходимой мерой, так как компоненты, присутствующие в матрице, могут повлиять на производительность масс-спектрометра, в частности, посредством снижения сигнала детектора [14].

Для выбора оптимального способа подготовки проб мясных продуктов к анализу методом ЖХ/МС проведены экспериментальные исследования по определению эффективности извлечения хлорамфеникола из матрицы с использованием подходов, рекомендуемых в научной и методической литературе, – жидкостной и твердофазной экстракции.

Исследования по определению степени экстракции хлорамфеникола из образцов мяса осуществляли методом «введено–найденно». В образец мясного фарша навеской 10 г вносили известное количество хлорамфеникола, задавая определенную концентрацию антибиотика в мясе (мг/кг). Степень экстракции считали как отношение

извлеченного количества к общему (начальному) количеству хлорамфеникола в образце по формуле

$$R = \frac{A \cdot 100}{N},$$

где R – степень экстракции хлорамфеникола, %; A – извлеченное количество вещества, мкг; N – общее (начальное) количество вещества, мкг.

Образцы анализировали в оптимальных условиях работы жидкостного хроматографа и масс-спектрометрического детектора.

Техника выполнения процедуры жидкостной экстракции анализируемого вещества из биологической матрицы включала гомогенизацию образца, извлечение аналита из образца подходящим органическим растворителем, разделение фаз, удаление белков, липидов и других соединений из экстракта. По литературным данным для извлечения хлорамфеникола из продуктов питания методом жидкостной экстракции использовались органические растворители: этилацетат, ацетонитрил, смесь этилацетата с ацетонитрилом, смесь хлороформа и ацетона, смесь ацетонитрила и ацетатного буфера (pH 5,0). Среди перечисленных растворителей наибольшее применение в практике анализа хлорамфеникола нашел этилацетат.

Исследования по определению эффективности извлечения хлорамфеникола из мяса этилацетатом проводили по схеме: в образец мясного фарша массой 10 г вносили хлорамфеникол в количестве 0,192 мкг и экстрагировали дважды 20 см³ этилацетата в течение 10 мин; объединенный экстракт высушивали в токе воздуха при температуре 45 °С до образования маслянистого остатка. Образец очищали от белков и жира, добавляя в пробу метанол (для осаждения белков), соль хлорид натрия и 20 см³ гексана (для удаления жиров). После перемешивания и центрифугирования гексановый слой отбрасывали и повторно очищали. Оставшийся раствор дважды экстрагировали этилацетатом. Высушенный экстракт перерастворяли в смеси метанол:вода и анализи-

ровали аликвоту на приборе. Приведенная процедура подготовки проб обеспечивает получение надежных и высокочувствительных результатов анализа хлорамфеникола. Эффективность экстракции данным способом составила 70–99,9 %.

Согласно действующим методическим указаниям МУК 4.1.1912-04 извлечение хлорамфеникола проводится этилацетатом в присутствии буферного раствора. Этилацетатный экстракт очищается от примесей петролейным эфиром и анализируется методом ВЭЖХ.

Изучена возможность применения в качестве пробоподготовки для анализа хлорамфеникола метода QuEChERS, технически представляющего метод дисперсионной твердофазной экстракции, успешно применяющегося в аналитической химии для извлечения пестицидов, антибиотиков и других загрязняющих веществ из продуктов питания растительного и животного происхождения. Пробоподготовка основана на экстракции контаминантов ацетонитрилом из гомогенизированной пробы в присутствии солей, в основном $MgSO_4$ и $NaCl$, в условиях оптимального значения pH среды, задаваемого с помощью буферных растворов, и очистке экстракта насыпными полимерными сорбентами. В ходе исследований изучены два варианта пробоподготовки по методу QuEChERS.

Для количественного определения хлорамфеникола использовали метод внешнего стандарта – устанавливали зависимость интенсивности сигнала детектора от концентрации анализируемого соединения в мясе и рассчитывали градуировочный коэффициент.

Важной особенностью анализа химических соединений в биологических субстратах, к которым относятся пищевые продукты, является влияние многокомпонентной матрицы на конечный результат. Для получения достоверных результатов анализа необходимо учитывать мешающее влияние компонентов матрицы, степень извлечения анализируемого вещества, а также погрешность всех этапов подготовки образца к анализу [1, 3]. В связи с этим при

построении градуировочной зависимости пробы с содержанием стандартного образца хлорамфеникола в диапазоне концентраций 0,00005–0,02 мг/кг подвергались обработке аналогично исследуемым пробам – экстракцией этилацетатом с последующей очисткой гексаном. Подготовленные пробы анализировали в оптимальных условиях ЖХ/МС анализа.

Градуировочный коэффициент рассчитывали по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n C_i / S_i}{n},$$

где C_i – массовая концентрация хлорамфеникола в градуировочном растворе, мг/кг; S_i – среднее значение трех измерений площади пика хлорамфеникола i -й концентрации, усл. ед; n – количество градуировочных растворов.

Для расчета метрологических показателей методики (точности, правильности, повторяемости, внутрилабораторной прецизионности) применяли методы математической статистики.

Метрологические показатели методики определения хлорамфеникола в мясных продуктах устанавливали в соответствии с рекомендациями по межгосударственной стандартизации РМГ 61-2010 «Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки» и ГОСТ Р ИСО 5725-1÷6-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Для получения экспериментальных данных готовили серию стандартных образцов хлорамфеникола в мясном фарше (мг/кг) с концентрациями вблизи нижнего, среднего и верхнего значений диапазона измеряемых концентраций

Результаты и их обсуждение. При сканировании дочерних отрицательных ионов в режиме грубой настройки зарегистрированы родительский ион с отношением массы к заряду (m/z) 321 и 4 дочерних иона с отношением m/z 152, 257, 151,2 и 121. Максимальный отклик детектора получен для до-

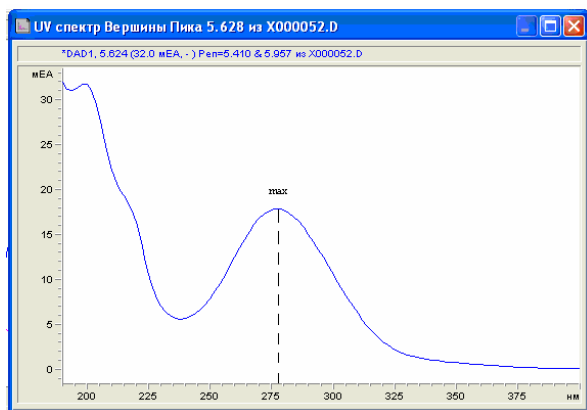


Рис. 1. Спектр поглощения хлорамфеникола в 50%-ном водном растворе метанола, $\lambda_{\text{max}} = 278 \text{ nm}$

черных ионов с m/z 152 и 257. На основании полученных результатов в качестве основного иона выбран фрагмент с $m/z=152$, подтверждающего иона – фрагмент с $m/z=257$. В режиме тонкой настройки детектора уточнено образование дочерних ионов с соотношением m/z 152,1 и 257,1. При этом значение оптимального напряжения фрагментатора составило 126 V, значения энергии ячейки соударения для дочерних ионов (CE) 12 и 4 V. Полученные значения согласуются с приведенными в литературе данными [9, 12].

На основании спектральной характеристики поглощения хлорамфеникола в ультрафиолетовой области света в диапазоне длин волн 190–400 нм в качестве оптимальной для селективного детектирования хлорамфеникола выбрана длина волны 278 нм (рис. 1).

Установлены времена удерживания и интенсивность сигнала хлорамфеникола для каждой колонки в различных режимах элюирования, варьирующихся по соотношению растворителей (вода/ацетонитрил) в подвижной фазе при скорости элюирования $0,2 \text{ см}^3/\text{мин}$ и температуре колонки 25°C . В ходе исследований установлено, что на колонке Poroshel 120 EC- C_{18} при соотношениях ацетонитрила и воды 80:20, 75:25, 70:30 и 60:40 анализируемое вещество практически не удерживается, время выхода менее 1 минуты. На колонке Eclipse XDB- C_{18} оптимальный режим элюирования

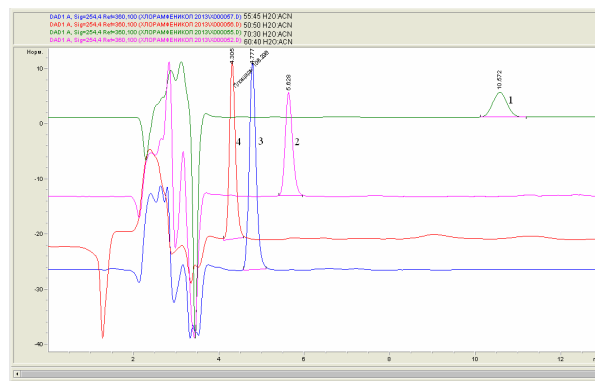


Рис. 2. Хроматограммы стандартного раствора хлорамфеникола, полученные на колонке Bonus RP при соотношении воды и ацетонитрила 70:30 (1), 60:40 (2), 55:45 (3), 50:50 (4)

достигается при соотношении ацетонитрила и воды 55:45, время выхода хлорамфеникола 3,08 мин. На колонке Bonus RP оптимальное элюирование стандартного раствора хлорамфеникола с учетом времени выхода, высоты и симметрии пика протекает при соотношении воды и ацетонитрила 60:40 (рис. 2).

В дальнейших исследованиях использовали колонку Bonus RP. Оптимальные условия элюирования на колонке Bonus RP длиной 50 мм и внутренним диаметром 4,6 мм с размером частиц 1,8 мкм: элюент – смесь воды и ацетонитрила в соотношении 60:40, скорость элюирования $0,2 \text{ см}^3/\text{мин}$, температура колонки 25°C . При данных условиях время выхода хлорамфеникола составляет $6,1 \pm 0,3$ мин. Установлено, что в выбранном режиме элюирования компоненты матрицы полностью разделяются с хлорамфениколом (рис. 3).

Проведенные нами экспериментальные исследования показали, что степень экстракции хлорамфеникола из образцов мяса этилацетатом с очисткой петролейным эфиром составляет 56,4 %.

В первом варианте пробоподготовки по методу QuEChERS экстракция хлорамфеникола этилацетатом проводилась в нейтральной среде, степень извлечения составила 33,2 %. Во втором варианте экстракция протекала в кислой среде ($\text{pH}=3$), степень извлечения хлорамфеникола этилацетатом составила 41,0 %. Результаты изучения

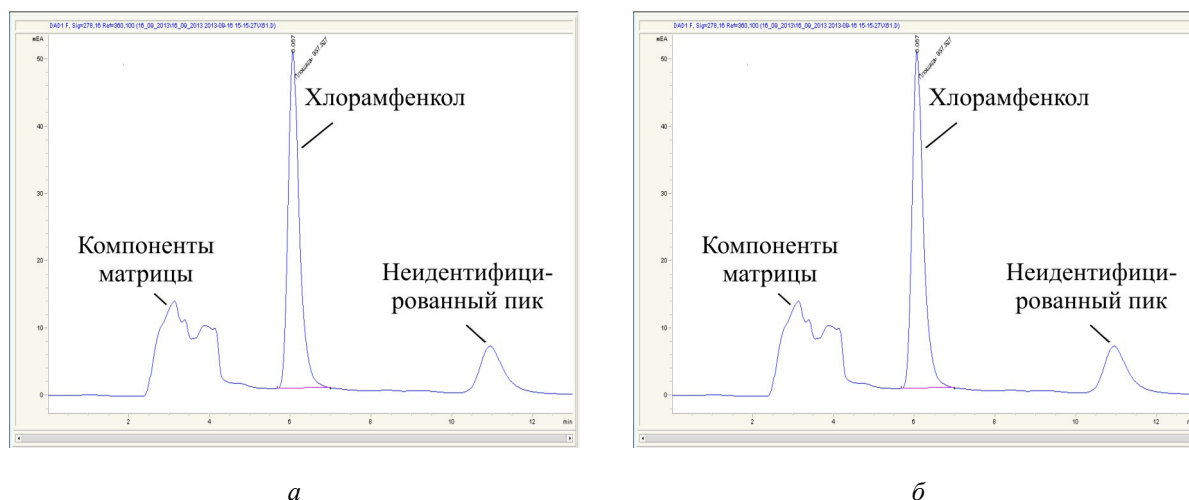


Рис. 3. Хроматограммы мясного образца с добавкой (а) и без добавки (б) стандартного раствора хлорамфеникола, полученные на колонке Bonus RP в оптимальном режиме элюирования

степени экстракции хлорамфеникола различными способами пробоподготовки представлены в табл. 1.

При сравнении различных способов пробоподготовки установлено, что максимальная степень экстракции антибиотика из образцов мясного фарша достигается с использованием в качестве растворителя-экстрагента этилацетата с последующей

очисткой экстракта гексаном (см. табл. 1). При этом степень экстракции увеличивается от 70 до 99,9 % в зависимости от уменьшения концентрации хлорамфеникола в образце в диапазоне изучаемых концентраций (от 0,00005 до 0,02 мг/кг).

Результаты исследований по определению метрологических характеристик представлены в табл. 2.

Таблица 1

Эффективность извлечения хлорамфеникола из мясной матрицы различными способами пробоподготовки

№ п/п	Способ пробоподготовки	Степень экстракции, %	
		с учетом матричного эффекта	без учета матричного эффекта
1	Жидкостная экстракция этилацетатом и очистка экстракта гексаном	70–99,9	101,3
2	Экстракция по методу QuEChERS в нейтральной среде	33,2	91,0
3	Экстракция по методу QuEChERS в кислой среде (pH = 3)	41,0	77,5
4	Экстракция этилацетатом и очистка экстракта петролейным эфиром	56,4	70,5

Таблица 2

Значения показателей точности, повторяемости, воспроизводимости

Точка диапазона измерений хлорамфеникола, мг/кг	Показатель повторяемости (относительное среднее квадратическое отклонение повторяемости), σ_{rs} , %	Показатель воспроизводимости (относительное среднее квадратическое отклонение воспроизводимости) σ_R , %	Показатель точности (границы относительной погрешности при вероятности $p = 0,95$), $\pm \delta$, %
0,000086	4,49	9,95	25,55
0,0019	2,84	4,41	10,98
0,018	1,22	1,81	4,64

На основании результатов, представленных в табл. 2, можно заключить, что максимальная погрешность измерения хлорамфеникола в мясных продуктах не превышает 26 % в диапазоне измерений от 0,00005 до 0,02 мг/кг включительно.

В ходе апробации методики определения хлорамфеникола в мясных продуктах ($n=17$) антибиотик обнаружен в 17,6 % всех проанализированных проб в диапазоне концентраций от 0,00005 до 0,0019 мг/кг (максимальное содержание 0,0019 мг/кг).

Выводы:

– разработана высокочувствительная и селективная методика хромато-масс-спектрометрического определения хлорамфеникола (левомицетина) в мясных продуктах

питания с нижним пределом определения 0,00005 мг/кг, позволяющая контролировать остаточное содержание антибиотика в мясной продукции в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» [6];

– анализ остаточных количеств хлорамфеникола в образцах мясной продукции (говядина, свинина, птица, $n = 17$) посредством данной методики показал присутствие хлорамфеникола в 17,6 % проб;

– методика может быть рекомендована к применению в лабораториях, осуществляющих контроль качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Список литературы

1. Другов Ю.С., Родин А.А. Анализ загрязненных биосред и пищевых продуктов: практическое руководство. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. – 294 с.
2. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках: учебник для студентов биологических специальностей университетов. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.
3. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Уланова Т.С. Контроль содержания химических соединений и элементов в биологических средах: руководство. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 520 с.
4. МУК 4.1.1912-04. Определение остаточных количеств левомицетина (хлорамфеникола, хлормицетина) в продуктах животного происхождения методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и иммуноферментного анализа: методические указания. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 26 с.
5. Панин А.Н., Комаров А.А. Проблемы аналитического контроля безопасности кормов и продукции животноводства // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 71–82.
6. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» ТР ТС 034/2013 / утвержден решением Совета Евразийской экономической комиссии № 68 9 октября 2013 г. – URL: http://socialvet.ru/blog/vetrinari_meri_tsouz/3270.html (дата обращения: 10.09.2013).
7. Codex Alimentarius Commission Maximum Residue Limits for Veterinary Drugs in Foods Updated as at the 35th Session of the Codex Alimentarius Commission (July 2012) CAC/MRL 2-2012. – URL: http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/45/MRL2_e.pdf (дата обращения: 10.09.2013).
8. European Committee for Veterinary Medicinal Products. Chloramphenicol summary report. 1994. – European Agency for the Evaluation of Medicinal Products. – URL: <http://www.emea.eu.int/pdfs/vet/mrls/chloramphenicol.pdf> (дата обращения: 18.05.2004).
9. Heidi R., James S., Hurlbut J. LC/MS/MS Analysis of Chloramphenicol in Crab Meat / U.S. Food and Drug Administration, Pacific Regional Lab Northwest, 22201 23rd Drive SE, Bothell, WA 98021 // Laboratory Information Bulletin. – 2003, April. – Vol. 19, № 4. – URL: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm113380.htm> (дата обращения: 21.08.2013).
10. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans // Chloramphenicol. – Lyon: IARC Press, 1990. – Vol. 50. – P. 169–193.
11. Interaction of chloramphenicol and metabolites with colony stimulating factors: possible role in chloramphenicol-induced bone marrow injury / J.J. Jimenez, J.G. Jimenez, D. Daghistani and A.A. Yunis // Am. J. Med. Sci. – 1990. – Vol. 300. – P. 350–353.
12. Neuhaus B., Hurlbut J., Hammack W. LC/MS/MS Analysis of Chloramphenicol in Shrimp // Laboratory Information Bulletin. – 2002. – № 4290.
13. Plumb D.C. Veterinary Drug Handbook. – Ames: Iowa State Press, 2002. – 4th Ed. – P. 166–169.
14. Wang J., Macneil J.D., Kay J.F. Chemical analysis of antibiotic residues in food. – Wiley, 2012. – 353 p.

References

1. Drugov Ju.S., Rodin A.A. Analiz zagrjaznennyh biosred i pishhevyh produktov: prakticheskoe rukovodstvo [The analysis of contaminated biomedica and food products: practical guidelines]. Moscow: BINOM, Laboratorija znaniy, 2010. 294 p.
2. Egorov N.S. Osnovy uchenija ob antibiotikah: uchebnik dlja studentov biologicheskikh special'nostej universitetov [The basics of antibiotics studies: for students of biology-related university specialities]. 4-e izd. Moscow: Vysshaja shkola, 1986. 448 p.
3. Onishhenko G.G., Zajceva N.V., Ulanova T.S. Kontrol' soderzhanija himicheskikh soedinenij i jelementov v biologicheskikh sredah: rukovodstvo [Monitoring of the levels of chemical compounds and elements in biological media: guidelines]. Perm': Knizhnyj format, 2011. 520 p.
4. Metodicheskie ukazanija «Opredelenie ostatocnyh kolichestv levomicetina (hloramfenikola, hlormicetina) v produktah zhivotnogo proishozhdenija metodom vysokojeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii i immunofermentnogo analiza» MUK 4.1.1912-04 [Methodical guidelines «The determination of the residual quantities of laevomycetin (chloramphenicol, chloromycetin) in food products of animal origin using high-performance liquid chromatography and ELISA» MUK 4.1.1912-04]. Moscow: Federal'nyj centr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 26 p.
5. Panin A.N., Komarov A.A. Problemy analiticheskogo kontrolja bezopasnosti kormov i produkcii zhivotnovodstva [Issues of analytical monitoring of feed and livestock product safety]. *Zhurnal Rossijskogo himicheskogo obshhestva im. D.I. Mendeleeva*, 2005, vol. XLIX, no. 3, pp. 71–82.
6. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo sojuza «O bezopasnosti mjasa i mjasnoj produkcii» TR TS 034/2013: utverzhden resheniem Soveta Evrazijskoj jekonomicheskoy komissii 9 oktjabrja 2013 g. № 68 [Customs Union Technical Regulation no. 68 «On meat and meat products safety» TR TS 034/2013: approved by the Council of the Eurasian Economic Commission on 9 October 2013]. Available at: http://socialvet.ru/blog/vetrinarni_meri_tsouz/3270.html.
7. Codex Alimentarius Commission Maximum Residue Limits for Veterinary Drugs in Foods Updated as at the 35th Session of the Codex Alimentarius Commission (July 2012) CAC/MRL 2-2012. Available at: http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/45/MRL2_e.pdf.
8. European Committee for Veterinary Medicinal Products. Chloramphenicol summary report. European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, 1994. Available at: <http://www.emea.eu.int/pdfs/vet/mrls/chloramphenicol.pdf>.
9. Heidi R., James S., Hurlbut J. LC/MS/MS Analysis of Chloramphenicol in Crab Meat. Laboratory Information Bulletin. U.S. Food and Drug Administration, Pacific Regional Lab Northwest, 22201 23rd Drive SE, Bothell, WA 98021. 2003, April, vol. 19, no. 4. Available at: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm113380.htm>.
10. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. *Chloramphenicol*, Lyon: IARC Press, 1990, vol. 50, pp. 169–193.
11. Jimenez J.J., Jimenez J.G., Daghistani D. and Yunis A.A. Interaction of chloramphenicol and metabolites with colony stimulating factors: possible role in chloramphenicol-induced bone marrow injury. *Am J Med Sci*, 1990, vol. 300, pp. 350–353.
12. Neuhaus V., Hurlbut J., Hammack W. LC/MS/MS Analysis of Chloramphenicol in Shrimp. *Laboratory Information Bulletin*, 2002, no. 4290.
13. Plumb D.C. Veterinary Drug Handbook. Ames: Iowa State Press, 2002, 4th Ed., pp. 166–169.
14. Wang J., Macneil J.D., Kay J.F. Chemical analysis of antibiotic residues in food. Wiley, 2012. 353 p.

THE DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CHLORAMPHENICOL DETERMINATION IN MEAT PRODUCTS

T.S. Ulanova¹, T.D. Karnazhitskaya¹, Ye.O. Pshenichnikova¹, E.A. Nakhieva

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

² Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Perm State National Research University», Russian Federation, Perm, 15 Bukireva St., 614990

This paper presents the findings of a study on the development of a method for chloramphenicol determination in meat products using liquid chromatography-mass selective detection (LC/MSD). The study determined optimum conditions for chloramphenicol analysis using an Agilent 1200 liquid chromatograph and an Agilent Technologies 6460 triple quadrupole liquid chromatograph/mass spectrometer. The conditions for an efficient extraction of chloramphenicol from meat samples were investigated. The optimum technique was found to be liquid extraction with ethyl acetate followed by further purification with hexane. The values of recovery were in the range of 70 to 100% in the matrix, depending on the levels of chloramphenicol in the meat products. The metrological characteristics of the developed method were evaluated and the values of the following parameters were calculated: the deviation between the mean value and the actual value, which is the measure of accuracy, did not exceed 26%, reproducibility was at most 10% and repeatability was no more than 5%. The analysis of meat product samples carried out using the developed method found that 17.6% of the samples contained the antibiotic.

Key words: chloramphenicol, veterinary medicinal product, residues of veterinary medicinal products, meat products, LC/MSD.

© Ulanova T.S., Karnazhitskaya T.D., Pshenichnikova Ye.O., Nakhieva E.A., 2013

Ulanova Tatiana Sergeyevna – Professor, DSc in Biology, Head of the Department of Analytical Chemistry Analysis (e-mail: ulanova@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 233-10-37).

Karnazhitskaya Tatiana Dmitrievna – PhD in Biology, Docent, Head of the Liquid Chromatography Laboratory (e-mail: tdkarn@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 233-10-37).

Pshenichnikova Yekaterina Olegovna – Chemist of the Liquid Chromatography Laboratory (e-mail: root@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 233-10-37).

Nakhieva Elza Askhatovna – Master's Degree Student (e-mail root@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-25-34).

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ РИСКА
ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ»**

В соответствии с планом основных организационных мероприятий Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на 2014 год в г. Перми **21–23 мая 2014 г.** планируется проведение Всероссийской научно-практической конференции с международным участием **«Актуальные проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания».**

Организаторы Конференции: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Научные направления конференции

1. Фундаментальные, прикладные и правовые аспекты анализа риска здоровью при воздействии разнородных факторов среды обитания, гармонизация с международными требованиями.

2. Совершенствование системы социально-гигиенического и медико-биологического мониторинга, наилучшая лабораторная практика.

3. Оценка и доказательство вреда здоровью населения в задачах государственного контроля и надзора (расследования, исследования, экспертизы).

4. Предиктивная медицина (молекулярная медицина) – как современная стратегия эффективной профилактики неспецифических соматических заболеваний, ассоциированных с факторами среды обитания.

5. Современные аспекты медицины труда, производственно и экологически обусловленные нарушения репродуктивного здоровья работников (работниц).

Научная программа конференции включает в себя:

- проведение пленарных и секционных заседаний;
- тематические круглые столы;
- презентацию стендовых докладов;
- проведение конкурса «Лучшая работа молодого ученого»;
- учебный семинар «Современные методические подходы к оценке риска здоровью, связанного с разнородными факторами среды обитания»;
- лекции ведущих российских гигиенистов, эпидемиологов, организаторов госсанэпидслужбы и здравоохранения по актуальным проблемам безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания.

В рамках семинара будет проведена учеба по актуальным методам оценки риска здоровью при воздействии факторов среды обитания в соответствии с методическими рекомендациями.

По окончании семинара, слушателям оформляется удостоверение о тематическом усовершенствовании.

Форма участия в конференции очная:

- участие с докладом;
- участие со стендовым докладом;
- участие с публикацией (-ми), но без доклада;
- участие без публикации и доклада;

Адрес для переписки и местонахождение секретариата конференции:

614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82, каб. 213 и 214.

Контактные телефоны, факс, e-mail, web-site:

в г. Пермь: **факс** (342) 237-25-34. **e-mail:** forum@fcrisk.ru, Сайт ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» – www.fcrisk.ru