

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, 82
Тел.: 8 (342) 237-25-34
E-mail: journal@fcrisk.ru
Сайт: <http://fcrisk.ru/journal/>

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

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

Подписано в печать 20.03.2015.
Формат 90×60/8.
Усл. печ. л. 12,5.
Заказ № 104/2014.
Тираж 500 экз.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций

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

Журнал включен в базу данных
Ulrich's Periodicals Directory и
Российский индекс научного цитирования
(РИНЦ)

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

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

Журнал распространяется по подписке

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

ISSN 2308-1155

АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Научно-практический журнал. Основан в 2013 г.

Выходит 4 раза в год

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

С.Л. Авалиани – д.м.н., проф. (г. Москва)
А.Б. Бакиров – акад. АН РБ, д.м.н., проф. (г. Уфа)
Е.Н. Беляев – чл.-корр. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)
В.М. Боев – д.м.н., проф. (г. Оренбург)
И.В. Брагина – д.м.н. (г. Москва)
Р.В. Бузинов – 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.Ю. Попова – д.м.н., проф. (г. Москва)
В.Н. Ракитский – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)
С.И. Савельев – д.м.н., проф. (г. Липецк)
В.Ф. Спирин – д.м.н., проф. (г. Саратов)
В.А. Тутельян – акад. РАН, д.м.н., проф. (г. Москва)
Х.Х. Хамидулина – д.м.н., проф. (г. Москва)
В.А. Хорошавин – д.м.н. (г. Пермь)
С.А. Хотимченко – д.м.н., проф. (г. Москва)
Л.М. Шевчук – к.м.н. (г. Минск, Белоруссия)
Н.В. Шестопалов – д.м.н., проф. (г. Москва)
П.З. Шур – д.м.н. (г. Пермь)

1(9)

Январь 2015 Март

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

*Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, С.В. Бабина,
А.С. Крига, Е.Л. Овчинникова, В.А. Бондарев,
Е.А. Голованова, А.С. Сбоев, Л.Н. Акимова*
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕДЕНИЯ
РЕЕСТРОВ ОБЪЕКТОВ
САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО
НАДЗОРА ДЛЯ ЗАДАЧ ПЕРЕХОДА
НА РИСК-ОРИЕНТИРОВАННУЮ МОДЕЛЬ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ

О.И. Голева, П.З. Шур
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОТЕРЬ,
СВЯЗАННЫХ С РИСКОМ ДЛЯ ЖИЗНИ
И ЗДОРОВЬЯ НЕТРУДОСПОСОБНОГО
НАСЕЛЕНИЯ

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

М.А. Землянова, М.Р. Камалтдинов
ВЕРИФИКАЦИЯ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ПДК
СТИРОЛА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

О.В. Тонко, А.Ю. Логинова, Н.Д. Коломиец
ОЦЕНКА ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ОНКОЛОГИЧЕ-
СКОГО СТАЦИОНАРА КАК ФАКТОРА РИСКА
РАЗВИТИЯ ИНФЕКЦИЙ У ПАЦИЕНТОВ

*О.Ю. Устинова, А.В. Алексеева,
К.П. Лужецкий, О.А. Маклакова,
Ю.А. Ивашова, В.Г. Макарова, О.А. Кобыкова*
ОЦЕНКА РИСКА ФОРМИРОВАНИЯ НАРУШЕ-
НИЙ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
И СОМАТИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ
В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЯХ С РАЗЛИЧНОЙ
НАПОЛНЯЕМОСТЬЮ ГРУПП

PREVENTIVE MEDICINE: URGENT ASPECTS OF RISK ANALYSIS

4 *N.V. Zaitseva, I.V. May, D.A. Kiryanov, S.V. Babina,
A.S. Kriga, E.L. Ovchinnikova, V.A. Bondaryov,
E.A. Golovanova, A.S. Sboev, L.N. Akimova*
PROBLEMS AND PROSPECTS
FOR MAINTAINING THE REGISTER
OF SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL
OBJECTS OF SURVEILLANCE FOR
THE TASKS OF THE TRANSITION
TO RISK-ORIENTED MODEL OF ACTIVITY

SCIENTIFIC AND METHODOICAL APPROACHES TO RISK ANALYSIS IN HYGIENE AND EPIDEMIOLOGY

12 *O.I. Goleva, P.Z. Shur*
ASSESSMENT OF ECONOMIC LOSSES
ASSOCIATED WITH RISK FOR LIFE AND
HEALTH OF INCAPACITATED PERSONS

RISK ASSESSMENT PRACTICE IN HYGIENIC AND EPIDEMIOLOGICAL STUDIES

19 *M.A. Zemlyanova, M.R. Kamaltdinov*
VERIFICATION OF AVERAGE DAILY
MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION
OF STYRENE IN THE ATMOSPHERIC AIR
OF SETTLEMENTS UNDER THE RESULTS
OF EPIDEMIOLOGICAL STUDIES
OF THE CHILDREN'S POPULATION

28 *O.V. Tonko, A.Yu. Loginova, N.D. Kolomiets*
ASSESSMENT OF THE EXTERNAL
ENVIRONMENT OF ONCOLOGIC
IN-PATIENT DEPARTMENT AS THE FACTOR
OF RISK FOR THE DEVELOPMENT
OF INFECTIONS IN PATIENTS

37 *O.Yu. Ustinova, A.V. Alekseeva, K.P. Luzhetsky,
O.A. Maklakova, Yu.A. Ivashova, V.G. Makarova,
O.A. Kobyakova*
ASSESSMENT OF RISK FOR THE FORMATION
OF PSYCHO-PHYSICAL DEVELOPMENT
AND SOMATIC HEALTH DISORDERS
IN CHILDREN IN THE PRESCHOOL
EDUCATIONAL ORGANIZATIONS WITH
DIFFERENT REPRESENTATION OF GROUPS

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

**EXPERIMENTAL MODEL
AND MEASUREMENT STUDIES
OF RISK ASSESSMENT IN HYGIENE
AND EPIDEMIOLOGY**

- Е.К. Власенко, С.И. Сычик, И.И. Ильюкова,
В.А. Стельмах, В.А. Грынчак*
ОСОБЕННОСТИ ЭПИКУТАННОГО
ДЕЙСТВИЯ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА
5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ
- 49** *E.K. Vlasenko, S.I. Sychik, I.I. Ilyukova,
V.A. Stelmakh, V.A. Grynchak*
PECULIARITIES OF EPICUTANEOUS
ACTION OF HEXYL ETHER
OF 5-AMINOLEVULINIC ACID
- О.В. Долгих, А.В. Кривцов, О.А. Бубнова,
К.Г. Старкова, В.А. Лучникова, Е.А. Пирогова*
ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОТИПОВ ДЕТЕЙ
И ВЗРОСЛЫХ, ПРОЖИВАЮЩИХ
В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА
- 55** *O.V. Dolgikh, A.V. Krivtsov, O.A. Bubnova,
K.G. Starkova, V.A. Luchnikova, E.A. Pirogova*
CHARACTERIZATION OF THE GENOTYPES
OF CHILDREN AND ADULTS RESIDING
IN THE CONDITIONS EXPOSED
TO THE CHEMICAL RISK FACTORS
- Е.В. Дроздова, С.И. Сычик, В.В. Бурая,
Н.В. Дудчик, А.В. Фираго, Т.З. Волк*
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ИНДИКАТОРНЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ В ЗОНАХ РЕКРЕАЦИИ
- 60** *E.V. Drozdova, S.I. Sychik, V.V. Buraya,
N.V. Dudchik, A.V. Firago, T.Z. Volk*
EXPERIMENTAL JUSTIFICATION
OF INDICATIVE MICROBIOLOGICAL
VALUES FOR THE SAFETY OF WATER
BODIES IN THE RECREATION AREAS
- В.М. Рубин, И.И. Ильюкова*
ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ
НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ПОВТОРНОМ
ПОСТУПЛЕНИИ
- 69** *V.M. Rubin, I.I. Ilyukova*
TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF PETROLEUM PRODUCTS REPEATED
EXPOSURE
- Т.С. Уланова, М.В. Антипова,
М.И. Заброва, М.В. Волкова*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ НАНОДИАПАЗОНА
В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
- 77** *T.S. Ulanova, M.V. Antipova,
M.I. Zaborova, M.V. Volkova*
DETERMINATION OF NANOSCALE
PARTICLES IN THE AIR OF WORKING ZONE
AT THE METALLURGICAL PRODUCTION
- АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ**
- АНАLYTICAL REVIEWS**
- М.Н. Тихонов*
АНТОЛОГИЯ КАТАСТРОФЫ НА ЯПОНСКОЙ
АТОМНОЙ СТАНЦИИ «ФУКУСИМА-1»
- 82** *M.N. Tikhonov*
ANTHOLOGY OF DISASTER AT JAPANESE
NUCLEAR POWER PLANT FUKUSHIMA-1

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

УДК 614.3

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕДЕНИЯ РЕЕСТРОВ ОБЪЕКТОВ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА ДЛЯ ЗАДАЧ ПЕРЕХОДА НА РИСК-ОРИЕНТИРОВАННУЮ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Н.В. Зайцева¹, И.В. Май¹, Д.А. Кирьянов¹, С.В. Бабина¹, А.С. Крига²,
Е.Л. Овчинникова², В.А. Бондарев³, Е.А. Голованова³, А.С. Сбоев⁴, Л.Н. Акимова⁴**

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

²Управление Роспотребнадзора по Омской области, Россия, 644991, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 98,

³Управление Роспотребнадзора по Липецкой области, Россия, 398002, г. Липецк, ул. Гагарина, 60а,

⁴Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю, Россия, 614016, г. Пермь, ул. Куйбышева, 50

Рассматриваются подходы к формированию региональных баз данных по объектам санитарно-эпидемиологического надзора для задач последующей оценки для каждого объекта потенциального риска причинения вреда гражданам из зон влияния объекта, работникам, потребителям продукции или услуг. Описывается принципиальная структура информационной системы, ориентированной на использование СУБД MS Access. Система выполняет функции ручного ведения реестра и реализует алгоритм расчета показателей риска здоровью и классификации объектов надзора. Подходы к формированию системы отработаны в Пермской, Липецкой, Калужской, Омской областях в рамках пилотного проекта Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Проблемы формирования реестров состоят в необходимости достаточно оперативного введения в реестры значительного объема информации, которые накоплены в управлениях Роспотребнадзора, но не существуют в виде электронных баз. Актуальным является разработка методических документов, обеспечивающих при формировании реестров и расчете рисков единообразные подходы к учету численности населения под воздействием различных видов деятельности.

Ключевые слова: объекты надзора, риск-ориентированная модель, реестры, информационная система

Переход на риск-ориентированную модель деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека осуществляется в соответствии со стратегическими изменениями системы госу-

дарственного управления [1, 2, 5] и сопровождается процессом повышения открытости службы для бизнес-сообщества, граждан, общественных объединений, органов государственной власти и местного самоуправления [5, 11].

© Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Бабина С.В., Крига А.С., Овчинникова Е.Л., Бондарев В.А., Голованова Е.А., Сбоев А.С., Акимова Л.Н., 2015

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

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

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

Бабина Светлана Владимировна – заведующий лабораторией информационных технологий (e-mail: bsv@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 237-18-04).

Крига Александр Сергеевич – руководитель, главный государственный санитарный врач по Омской области (e-mail: grn@55.rosпотребнадzor.ru; тел. 8 (3812) 32-60-32).

Овчинникова Елена Львовна – заместитель начальника отдела организации надзора и обеспечения деятельности (e-mail: el-omsk@yandex.ru; тел. 8 (3812) 32-60-20).

Бондарев Владимир Александрович – руководитель, главный государственный санитарный врач по Липецкой области (e-mail: admin@48.rosпотребнадzor.ru; тел. 8 (4742) 27-47-65).

Голованова Елена Алексеевна – помощник руководителя (e-mail: golovanova_ea@48.rosпотребнадzor.ru; тел. 8 (4742) 27-47-65).

Сбоев Александр Сергеевич – руководитель, главный государственный санитарный врач по Пермскому краю (e-mail: urpn@59.rosпотребнадzor.ru; тел. 8 (342) 239-35-63).

Акимова Людмила Николаевна – заместитель руководителя (e-mail: urpn@59.rosпотребнадzor.ru; тел. 8 (342) 239-35-63).

Как, собственно, смена парадигмы контроля и надзора, так и открытость федеральных контролирующих органов предусматривается проектом Федерального закона «Об основах государственного и муниципального контроля и надзора в Российской Федерации». Документ декларирует, что выбор объектов государственного и муниципального контроля и надзора и определение периодичности проведения мероприятий должны осуществляться на основе оценки степени потенциальной опасности объектов. Проект закона устанавливает требования учета, документирования и анализа результатов контрольно-надзорных мероприятий, обеспечение прозрачности и подотчетности деятельности контрольных органов.

Как следствие, перед контролирующими органами, в том числе перед Роспотребнадзором, встает задача обоснованного и прозрачного выбора приоритетов при ведении контроля. При этом контрольно-надзорные действия должны в итоге обеспечить эффективное управление процессом минимизации рисков для жизни и здоровья населения.

Реализация положений законопроекта потребует создания и ведения отраслевых реестров рисков, разработки алгоритмов, стандартов, регламентов и руководств по осуществлению контрольно-надзорных мероприятий на основе рискованного подхода.

Утвержденные Приказом Руководителя № 1302 от 26.12.2014 г. методические рекомендации «Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация видов деятельности и хозяйствующих субъектов по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий» [4] в своих принципиальных положениях и подходах полностью соответствуют намечаемым изменениям в законодательстве. Документ, скорее всего, потребует некоторой редакции в целях приведения его в соответствие с нормативным актом более высокого уровня (потребуется терминологическая доработка документа, может быть внесение дополнений в классификацию объектов в соответствии с принятыми положениями закона и т.п.). Однако основные методические подходы уже определены и требуют лишь уточнения и апробации.

Первым шагом в реализации подходов является формирование региональных реестров

юридических лиц (ЮЛ) и индивидуальных предпринимателей (ИП), деятельность которых подлежит государственному санитарно-эпидемиологическому контролю (надзору) и контролю в сфере защиты прав потребителей. Такие реестры в управлениях Роспотребнадзора в субъектах Федерации в том или ином виде уже существуют. В ряде регионов реестры содержат нескольких сотен ЮЛ и ИП (Ненецкий автономный округ, Чукотский автономный округ), в других – нескольких десятков тысяч (г. Москва, Московская область, г. Санкт-Петербург, Ростовская область и пр.). При этом, как правило, перечни хозяйствующих субъектов формируются на основе базы данных налоговой службы, которая имеет необходимые сведения по паспортной части ЮЛ или ИП. В некоторых регионах актуализация баз данных из налоговой службы производится ежемесячно. Так, к примеру, обновляются электронные базы объектов надзора в Омской области, содержащие на 1 марта 2015 г. 11588 юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. В Свердловской области обмен данными между налоговой службой и Управлением Роспотребнадзора по спискам налогоплательщиков происходит поквартально. В Пермском крае базы данных актуализируются раз в год и т.п.

Реестры в основном содержат коды региона (согласно кодам Федеральной налоговой службы), в котором объект надзора осуществляет свою деятельность; идентификационные номера налогоплательщиков; наименования ЮЛ или ИП; коды видов экономической деятельности (ОКВЭД), как основные, так и дополнительные; юридические и почтовые адреса и прочие общие данные. Иная информация накапливается отдельными регионами в соответствии со сложившейся практикой и используемыми программными средствами, в том числе разработанными для внутреннего использования.

Вместе с тем риск-ориентированная модель деятельности службы требует существенного расширения содержания баз данных о подлежащих контролю (надзору) юридических и физических лицах. Прежде всего это касается данных, позволяющих оценить профиль риска объекта и численность населения под воздействием опасных факторов, присущих деятельности.

Множественность видов деятельности, которые подлежат санитарно-эпидемиологическому надзору у одного ЮЛ или ИП, а также наличие территориально разрозненных имущественных комплексов, на которых эти виды

деятельности осуществляются, усложняет ведение реестров. Требуется четкое терминологическое определение объекта надзора для того, чтобы именно к объекту «привязывать» факторы опасности и риска и население, находящееся под его воздействием.

Проект рассматриваемого федерального закона под объектами государственного контроля и надзора предлагает понимать «физические и юридические лица; имущество, в том числе производственные объекты – территории, здания, помещения, сооружения, оборудование, устройства, материалы, транспортные средства, перевозимые ими грузы и иные подобные объекты, используемые юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями при осуществлении своей деятельности, деятельность физических и юридических лиц; результаты деятельности физических и юридических лиц, в том числе продукцию..., представляющие опасность причинения вреда жизни, здоровью людей...». Такое определение несколько усложняет формализацию процедуры ведения реестра. Например, к юридическому лицу, которое само является объектом надзора, еще должны быть отнесены разные виды деятельности, к которым предъявляются специальные обязательные требования, а также отдельные имущественные комплексы (здания, сооружения и т.п.), на которых эти виды деятельности реализуются. Соответственно, реестр должен иметь разветвленную иерархическую структуру, учитывающую специфику надзора в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия.

В рамках пилотного проекта, предусмотренного приказом № 1302, для задач классификации по потенциальному риску причинения вреда здоровью отрабатывается процедура формирования реестров объектов, осуществляющих свою деятельность на территории региона (субъекта РФ) и подлежащих надзору со стороны органов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и безопасности человека. Реестр представляет собой совокупность связанных таблиц и состоит из пяти основных частей:

– *паспортная часть ЮЛ или ИП* (объекты надзора «верхнего уровня», которые в методических рекомендациях, утвержденных приказом № 1302, названы «субъектами надзора»), включающая сведения о месте регистрации, коды, характеризующие виды экономической деятельности, формы собственности и т.п.;

– *паспортная часть (в совокупности или отдельно) территориально выделенных имущественных комплексов, зданий и сооружений конкретного ЮЛ или ИП, осуществляющих один и тот же вид деятельности* – объектов надзора «нижнего уровня»;

– *специальная часть*, содержащая сведения о результатах контрольно-надзорной деятельности в отношении объектов надзора – как верхнего уровня в целом, так и объектам «нижнего уровня» по-отдельности; данные о численности населения, находящегося под воздействием объекта надзора и *результаты расчета уровня риска и классификации объектов надзора*.

Возможным является формирование основных таблиц реестра объектов надзора в форматах MS Excel. Таблицы содержат поля (столбцы) для заполнения данных первых четырех частей реестра – листы «Субъект», «Объект», «Надзор», «Численность». Заполнение реестра в этом случае сопряжено с необходимостью контролировать целостность данных.

Более правильной, но одновременно и более сложной альтернативой представленному шаблону, является использование для наполнения реестра объектов надзора специально разработанных структур данных, организованных в виде связанных таблиц. Практические решения по организации системы хранения могут быть различными и ориентироваться на информационную систему, используемую в регионе.

В качестве одного из решений по организации данных предлагается структура, представляющая собой совокупность нормализованных таблиц данных и связанных с ними справочников (рисунок).

В структуре данных выделяются четыре логических блока информации:

1) блок справочной информации (справочники территорий; форм организации предпринимательской деятельности; ведомственной классификации; статей законодательства; справочник типов законодательства; таблица связи объекта с видами деятельности по форме 1–14 «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора территориальными органами Роспотребнадзора»;

2) блок основных данных по объектам и субъектам надзора (таблица для хранения общих сведений об объекте надзора «верхнего уровня»; таблица для хранения общих сведений об объекте надзора «нижнего уровня»;

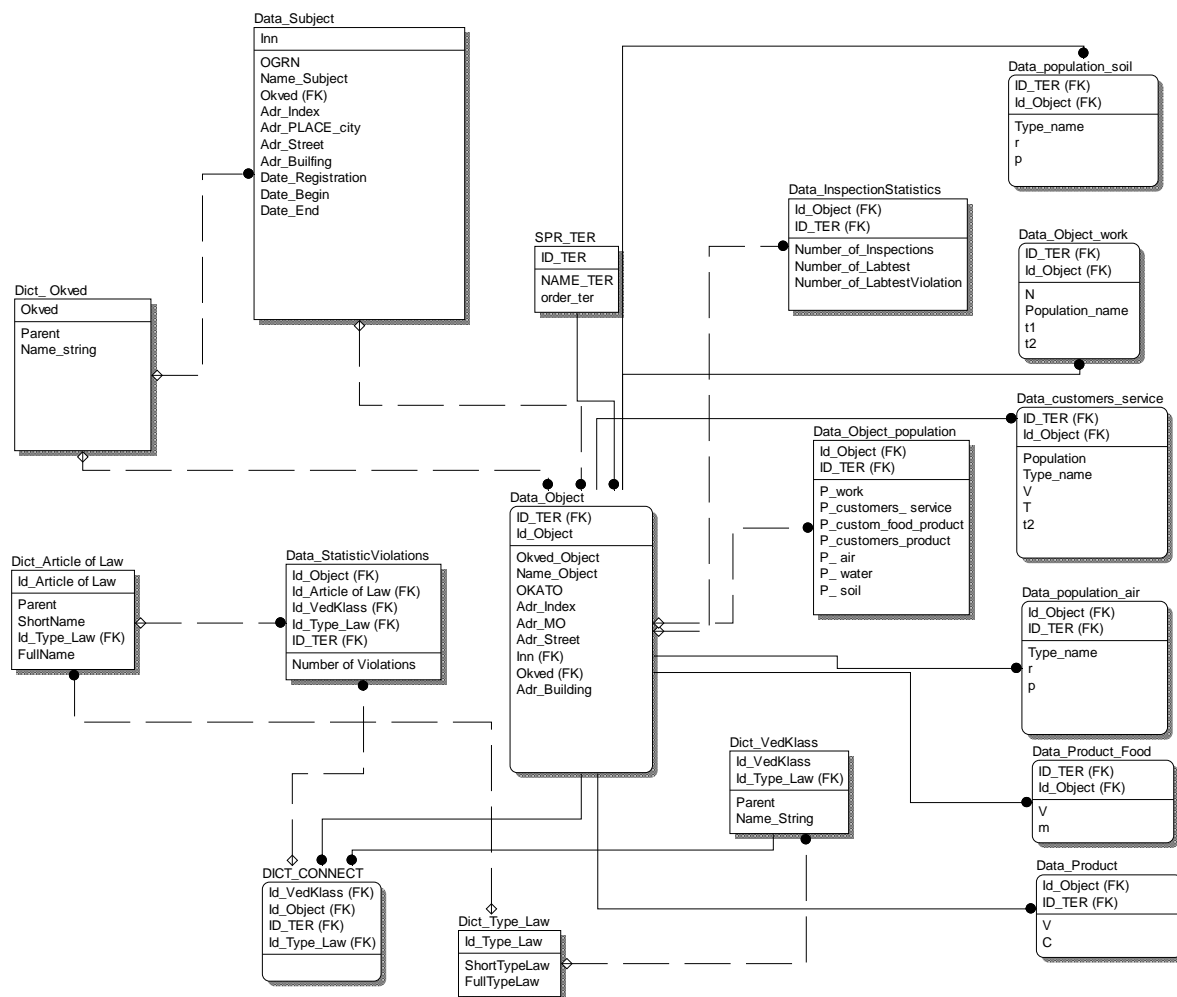


Рис. Схема организации данных реестра объектов надзора

3) блок сведений о нарушениях, выявленных в ходе проверок, с разбивкой по статьям санитарного законодательства и законодательства в сфере защиты прав потребителей, а также о результатах лабораторных испытаний (таблица с данными по нарушениям статей законодательства; таблица с данными о последней проверке, сведения о лабораторных испытаниях);

4) блок «население под воздействием» (таблицы для хранения данных о количестве населения, находящегося под воздействием, с выделением сведений о численности работников; потребителей товаров и услуг; населения под воздействием загрязнений атмосферного воздуха; воды, почв.

Ввод данных в представленной структуре требует разработки специальных программных средств как для автоматического начального заполнения (путем «переливания» данных из реестров налоговой службы), так и для последующего ручного ввода. В настоящее время Федеральным центром медико-профилакти-

ческих технологий управления рисками здоровью населения разрабатывается информационная система, ориентированная на использование СУБД MS Access и выполняющая функции ручного ведения данных реестра. В рамках системы будет реализован алгоритм расчета показателей риска здоровью и классификации объектов надзора.

Наиболее сложным на текущий момент в формировании реестра является заполнение полей, отражающих численность населения, находящегося под воздействием того или иного вида деятельности объекта надзора. Необходима информация о плотности населения, проживающего на конкретных территориях, – для оценки численности населения, находящегося под воздействием атмосферных загрязнений; об удельном водопотреблении – для оценки численности населения под воздействием объектов по сбору и очистке воды; по длительности представления той или иной услуги; по удель-

ному потреблению продовольственных и непродовольственных товаров и т.п. Формирование справочников для практического применения при оценке риска причинения вреда здоровью является одним из важнейших направлений деятельности научных организаций Роспотребнадзора, осуществляющих методическую поддержку системы риск-ориентированного надзора и одной из задач пилотного проекта. Следует отметить, что проведение специализированными научными организациями направленных исследований с целью формирования справочных материалов для корректной оценки риска является общепринятой мировой практикой [8–10]. Рассматриваются и релевантные отечественные данные [3, 6, 7]. При этом существенно снижаются неопределенности при оценке риска и, соответственно, повышается надежность результатов и принимаемых по ним управляющих решений.

Апробация описанных подходов позволила сформировать ориентированные на последующую оценку рисков причинения вреда здоровью человека реестры объектов надзора в Омской, Липецкой, Калужской, Пермской областях.

Результаты апробации сформированных реестров в задачах расчетов риска причинения вреда здоровью и классификации объектов свидетельствуют о том, что корректно сформированные реестры (базы данных) дают самые широкие возможности для анализа.

Решается важнейшая задача – выделение объектов чрезвычайно высокого и высокого риска причинения вреда. Предварительные итоги по указанным регионам свидетельствуют о том, что объекты чрезвычайно высокого риска составляют не более 0,4 % от общей численности учтенных объектов надзора (это в основном юридические лица, ведущие деятельность в сфере сбора

и очистки питьевых вод, подаваемых населению через крупные поверхностные водозаборы, а также объекты, осуществляющие деятельность по удалению сточных вод).

Порядка 1,5 % объектов надзора предварительно классифицированы как объекты высокого риска (в данном классе – объекты сбора, очистки воды, удаления сточных вод, промышленные предприятия, крупные объекты розничной торговли продуктами питания и т.п.).

Ведение реестра по объектам низшего уровня (отдельным, территориально выделенным имущественным комплексам – филиалам, отдельным подразделениям, торговым точкам и т.п.) позволяет для задач планирования выделять те комплексы, которые подлежат приоритетной проверке, осуществляемой в отношении отдельного юридического лица или индивидуального предпринимателя. Так, из отдельных территориально обособленных объектов ООО «Новогор-Прикамье» в Пермском крае 4 были классифицированы как объекты высокого риска причинения вреда здоровью (риски при осуществлении сбора и очистки воды, рассчитанные по предложенной методике, составили от $9,4 \cdot 10^{-2}$ до $3,6 \cdot 10^{-3}$), остальные – к объектам умеренного или низкого риска ($R < 1 \cdot 10^{-3}$). Соответственно, именно выделенные объекты были определены как приоритетные для включения в выездные проверки.

Оценка и классификация рисков, формирующихся при осуществлении разных видов деятельности одним объектом надзора, позволяет определить содержание надзорных мероприятий и области санитарного надзора. В таблице приведены результаты оценки рисков, формируемых одним объектом надзора в отношении различных контингентов населения.

Результаты расчета риска причинения вреда Т-ным хозяйствующим субъектом, осуществляющим несколько видов деятельности на территории региона

Вид деятельности	Тип населения под воздействием			
	работники	население под влиянием загрязнения атмосферного воздуха	население под воздействием факторов природных и питьевых вод	потребители продукции
Сбор и очистка воды	2,22E-05 (III класс)	5,92E-04 (III класс)	1,31E-01 (I класс)	–
Распределение воды	2,98E-04 (VI класс)	–	1,14E-02 (II класс)	–
Удаление сточных вод	8,47E-04 (III класс)	6,12E-04 (III класс)	5,47E-03 (II класс)	–
Общественное питание	1,06E-06 (IV класс)	–	–	5,09E-05 (IV класс)

Видим, что наибольшие потенциальные риски формируются в отношении населения. Объект подлежит надзору в сфере коммунальной гигиены с максимально допустимой частотой, в форме выездных проверок, с лабораторным сопровождением. Надзор за гигиеной труда, гигиеной питания должен осуществляться с меньшей частотой и с применением других форм проверок.

Обработка межрегиональных и федеральных реестров объектов надзора позволит получить количественные характеристики рисков причинения вреда здоровью при осуществлении разных видов деятельности, что, безусловно, позволит определить наиболее эффективные меры по управлению рисками методами контрольно-надзорного характера.

Выполненные исследования повели за собой и обоснование ряда задач, требующих незамедлительного решения. К таким задачам относятся:

- разработка и документирование требований к учету числа нарушений при проведении проверок, если эти нарушения регистрируются на территориально обособленных имущественных комплексах (в разных зданиях и сооружениях) одного юридического лица или частного предпринимателя;

- обоснование и документирование единых подходов к определению численности населения, находящегося под воздействием, включая специфические, слабо до настоящего времени проработанные подходы к оценке населения под воздействием деятельности по удалению отходов, деятельности оптовых баз, аптек и т.п.;

- унификация соотнесения кодов экономической деятельности, которые подлежат санитарно-эпидемиологическому надзору с классификацией, используемой в статистической отчетности Федеральной службой в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (в частности с формой 1.14);

- проработка подходов к регистрации нарушений требований технических регламентов и оценки связанных с этими нарушениями рисков причинения вреда потребителям;

- разработка рекомендаций по совершенствованию классификации промышленных объектов в рамках статистической отчетности Роспотребнадзора, поскольку существующая недостаточна для формирования профилей рисков и корректной классификации объектов надзора.

Список литературы

1. Контрольно-надзорная деятельность в Российской Федерации: аналитический доклад (2013). – М.: МАКС Пресс, 2014. – 272 с.
2. Концепция повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления на 2014–2018 годы: проект. – URL: [http:// www.gosbook.ru/node/79006](http://www.gosbook.ru/node/79006) (дата обращения: 10.10.2014).
3. Лим Т.Е., Бек А.В., Аликбаева Л.А. Оценка воздействия на население Санкт-Петербурга загрязнений почвы канцерогенными веществами // Профилактическая и клиническая медицина. – 2013. – № 2 (47). – С. 11–15.
4. О внедрении методических рекомендаций в «пилотных» территориальных органах Роспотребнадзора. – URL: http://rosпотребнадзор.ru/privat/?ELEMENT_ID=2847 (дата обращения: 10.02.2015).
5. Об основах государственного и муниципального контроля и надзора в Российской Федерации: проект Федерального закона. – URL: <http://www.nsopb.ru/events/1220.php> (дата обращения: 06.03.2015).
6. Оценки воздействия на население и окружающую среду временных хранилищ радиоактивных отходов на территории РНЦ «Курчатовский институт» / В.М. Новиков, В.В. Лагутов, Т.Г. Сазыкина, Ю.Е. Горлинский, О.А. Никольский, В.И. Павленко // Атомная энергия. – 2005. – Т. 99, № 2. – С. 152–159.
7. Питьевая вода и заболеваемость злокачественными новообразованиями мочевыделительной системы / Ю.Д. Илизанов, Ю.М. Павлов, В.И. Таланов, А.А. Назарова // Казанский медицинский журнал. – 2007. – Т. 88, № 1. – С. 81–82.
8. Arnold C.G., Sobal J. Food practices and nutrition knowledge after graduation from the expanded food and nutrition...// Journal of Nutrition Education. – 2000. – Т. 32, № 3. – P. 130–138.
9. Bremmer H.J., van Veen M.P. Children, Toys Fact Sheet. To assess the risks for the consumers. RIVM report 612100112/2002.
10. Guidelines for the study of the Dietary Intakes of Chemical Contaminants / WHO. – Geneva: WHO Offset Publication, 1985. – № 87. – 104 p.
11. Hampton P. Reducing administrative burdens: effective inspection and enforcement. – URL: www.hm-treasure.gov.ru/hampton (дата обращения: 12.10.2014).

References

1. Kontrol'no-nadzornaja dejatel'nost' v Rossijskoj Federacii. Analiticheskij doklad. 2013 [Control and surveillance activity in the Russian Federation. Analytical report. 2013]. Moscow: MAKS Press, 2014. 272 p.
2. Konceptija povyshenija jeffektivnosti kontrol'no-nadzornoj dejatel'nosti organov gosudarstvennoj vlasti i organov mestnogo samoupravlenija na 2014–2018 gody. Proekt [Concept of the increase of the control and surveillance activity in the system of central and local authorities on 2014-2018 years. Project]. Available at: <http://www.gosbook.ru/node/79006>.
3. Lim T.E., Bek A.V., Alikbaeva L.A. Ocenka vozdejstvija na naselenie Sankt-Peterburga zagriznenij pochvy kancerogennymi veshhestvami. [Assessment of the impact of soil contamination by carcinogens on the population of St. Petersburg]. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina*, 2013, no. 2 (47), pp. 11–15.
4. O vnedrenii Metodicheskikh rekomendacij v «pilotnyh» territorial'nyh organah Rospotrebnadzora [On the implementation of Recommendations in the "pilot" territorial bodies of Rospotrebnadzor]. Available at: http://rospotrebnadzor.ru/privat/?ELEMENT_ID=2847.
5. Ob osnovah gosudarstvennogo i municipal'nogo kontrolja i nadzora v Rossijskoj Federacii. Proekt Federal'nogo zakona [On the bases of state and municipal control and supervision in the Russian Federation. Draft Federal Law]. Available at: <http://www.nsopb.ru/events/1220.php>.
6. Novikov V.M., Lagutov V.V., Sazykina T.G., Gorlinskij Ju.E., Nikol'skij O.A., Pavlenko V.I. Ocenki vozdejstvija na naselenie i okruzhajushhuju sredu vremennyh hranilishh radioaktivnyh othodov na territorii RNC «Kurchatovskij institut» [Assessment of the exposure of the temporary storage of radioactive waste in the RRC "Kurchatov Institute" on people and environment]. *Atomnaja jenergija*, 2005, vol. 99, no. 2, pp. 152–159.
7. Ilivanov Ju.D., Pavlov Ju.M., Talanov V.I., Nazarova A.A. Pit'evaja voda i zaboлеваemost' zlokachestvennymi novoobrazovanijami moche-vydelitel'noj sistemy [Drinking water and the occurrence of malignant neoplasms in urinary system]. *Kazanskij medicinskij zhurnal*, 2007, vol. 88, no 1, pp. 81–82.
8. Arnold C.G., Sobal J. Food practices and nutrition knowledge after graduation from the expanded food and nutrition... *Journal of Nutrition Education*, 2000, vol. 32, no 3, pp. 130–138.
9. Bremmer H.J., van Veen M.P. Children,s Toys Fact Sheet. To assess the risks for the consumers. RIVM report 612100112/2002.
10. Guidelines for the study of the Dietary Intakes of Chemical Contaminants / WHO. Geneva: WHO Offset Publication, 1985, № 87, 104 p.
11. Hampton P. Reducing administrative burdens: effective inspection and enforcement. Available at: www.hm-treasurear.gov.ru/hampton.

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR MAINTAINING THE REGISTER OF SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL OBJECTS OF SURVEILLANCE FOR THE TASKS OF THE TRANSITION TO RISK-ORIENTED MODEL OF ACTIVITY

**N.V. Zaitseva¹, I.V. May¹, D.A. Kiryanov¹, S.V. Babina¹, A.S. Kriga²,
E.L. Ovchinnikova², V.A. Bondaryov³, E.A. Golovanova³, A.S. Sboev⁴, L.N. Akimova⁴**

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

² Administration of Rospotrebnadzor in Omsk region,
Russian Federation, Omsk, 98, St. 10 years of October, 644991,

³ Administration of Rospotrebnadzor in Lipetsk region, Russian Federation, Lipetsk, St. Gagarina, 60a, 398002,

⁴ Administration of Rospotrebnadzor in Perm region, Russian Federation, Perm, 50, St. Kuibysheva, 614016

The article describes the approaches to the formation of regional databases of the objects of sanitary-epidemiological surveillance for the tasks of sequential evaluation of each object having the potential risk to the citizens of the affected areas of these objects, e.g. workers, consumers of products or services. The basic structure of the information system is demonstrated. The system is oriented to be used together with the DBMS MS Access. The system performs the manual guiding function for the register and implements the calculation algorithm of the health risk indicators and classification of the objects of surveillance. Approaches to the formation of the system have been tested in Perm, Lipetsk, Kaluga, Omsk regions as part of a pilot project of the Federal Service on Surveillance for Consumer rights protection and human well-being.

The problems of the registers' formation are in the fact of scares operational entering of the significant amount of information, that has been accumulated in Administration offices of Rospotrebnadzor, but do not exist in the form of electronic databases. The relevant issue is the development of guidance documents to ensure unified approaches to the registers' formation and risk calculation in relation to population census under the influence of various activities.

Key words: objects of surveillance, risk-oriented model, registers, information system.

© Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A., Babina S.V., Kriga A.S., Ovchinnikova E.L., Bondaryov V.A.,
Golovanova E.A., Sboev A.S., Akimova L.N., 2015

Nina Vladimirovna Zaitseva – Fellow of the Russian Academy of Sciences, MD, Professor, Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel. +7 (342) 237-25-34).

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

Dmitry Aleksandrovich Kiryanov – PhD in Engineering, Head of Department of Systems and Processes Mathematical Modeling (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel. +7 (342) 237-18-04).

Svetlana Vladimirovna Babina – Head of the Information and Computing Systems and Technologies Laboratory (e-mail: bsv@fcrisk.ru; tel. +7 (342) 237-18-04).

Alexandr Sergeevich Kriga – Head of the Administration of the Federal Service on Surveillance for Consumer rights protection and human well-being in Omsk region, chief sanitary officer in Omsk region (e-mail: rpn@55.rospotrebnadzor.ru; tel. 8 (3812) 32-60-32).

Elena Lvovna Ovchinnikova – Deputy Head of Department for surveillance organization and activity provision for Administration of Rospotrebnadzor in Omsk region (e-mail: el-omsk@yandex.ru; tel. +7 (3812)32-60-20).

Vladimir Aleksandrovich Bondarev – Head of the Administration of the Federal Service on Surveillance for Consumer rights protection and human well-being in Lipetsk region, state chief sanitary officer in Lipetsk region (e-mail: admin@48.rospotrebnadzor.ru; tel. 8 (4742) 27-47-65).

Elena Alekseevna Golovanova – assistant Head (e-mail: golovanova_ea@48.rospotrebnadzor.ru; tel. 8 (4742) 27-47-65).

Alexandr Sergeevich Sboev – Head of the Administration of the Federal Service on Surveillance for Consumer rights protection and human well-being in Perm region, state chief sanitary officer in Perm region (e-mail: urpn@59.rospotrebnadzor.ru; tel. +7 (342) 239-35-63).

Lyudmila Nikolaevna Akimova – Deputy Head of the Administration of the Federal Service on Surveillance for Consumer rights protection and human well-being in Perm region, (e-mail: urpn@59.rospotrebnadzor.ru; tel. +7 (342) 239-35-63).

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА В ГИГИЕНЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ

УДК 616-092.11: 312.2: 312.6].003.13 (470.53-25)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОТЕРЬ, СВЯЗАННЫХ С РИСКОМ ДЛЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НЕТРУДОСПОСОБНОГО НАСЕЛЕНИЯ

О.И. Голева, П.З. Шур

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82,
ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Существует несколько основных подходов к тому, как оценить экономические потери от смертности и заболеваемости населения, либо связанные с риском заболеваний и смерти. Как правило, эти подходы утилитарны: население рассматривается как трудовой ресурс. Таким образом, нетрудоспособное население нередко «выпадает» из подобных расчетов и не рассматривается.

Предложено, взяв за основу принятую в РФ методологию, скорректировать ее с учетом сформулированных дополнительных отложенных эффектов в экономике, а именно учесть тот факт, что население – это не только трудовые ресурсы сегодня. В перспективе человек способен воспроизводить трудовые ресурсы. Иными словами, не только будущий труд на благо государства, но и «будущие (потенциальные) дети» должны быть учтены при экономической оценке потерь от смертности детского населения. Кроме того, человек не только «производит», но и «потребляет». То есть кроме того, что человек производит общественный продукт, тем самым осуществляя вклад в его общий объем, он является потребителем в экономике (что особо актуально для понимания экономической роли неработающего населения). Рост потребления повышает спрос и ведет к росту объема ВВП. При этом расходы увеличивают объем производства на величину большую, чем объем расходов. Срабатывает мультипликационный эффект – способность расходов вызывать прирост доходов больший, чем вызвавшие этот прирост расходы.

Ключевые слова: *потери от смертности и заболеваемости населения, экономическая оценка риска для жизни и здоровья населения, нетрудоспособное население, ВВП, налоги.*

С точки зрения устойчивого социально-экономического развития учет потерь (предотвращенных потерь) для жизни и здоровья населения является необходимым условием оценки эффективности деятельности органов государственной власти. Оценивать стоимость периода экономической активности человека (точнее, сокращение этого периода) для государства представляется возможным через влияние величины периода экономической активности на основные социально-экономические показатели (ВВП для страны и ВРП для региона) [1, 4, 5].

Существующие методики экономической оценки потерь (риска) для жизни и здоровья населения в целом и методология расчета эконо-

мических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения в частности базируются на стоимостной оценке периода нетрудоспособности, таким образом фактически исключая из категории «население» его нетрудоспособную часть [4]. В то же время социальная функция государства предусматривает создание условий для жизни всех членов общества.

Большое значение для экономической оценки (предотвращенных) потерь, связанных с риском здоровью, в том числе предотвращенного, для любых категорий населения имеет четкое представление об эффектах от «присутствия» человека в экономике, соответственно, определив их, можно будет сделать выводы

© Голева О.И., Шур П.З., 2015

Голева Ольга Ивановна – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры финансов, кредита и биржевого дела (e-mail: GolevaOlga@inbox.ru; тел. 8 (342) 238-33-37).

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

о том, каковы будут потери (последствия), если человек выбывает из экономики как субъект отношений, временно или в связи со смертью. Подобные эффекты могут носить отложенный характер. В этой связи необходима оценка последствий болезни (смерти) человека, в том числе предотвращенной.

Для этого необходимо четко представлять роль человека в экономических отношениях. И, несмотря на общеизвестный и незыблемый постулат о том, что «жизнь человека бесценна», потребность в стоимостной оценке есть, в частности, для социальной политики государства. Потребность в сопоставлении затрат и результатов (в первую очередь для органов государственной власти [3]) обуславливает необходимость такой оценки.

Теория оценки предлагает три основных подхода: доходный, затратный и сравнительный. Так, наиболее очевидным стал подход (в рамках доходного подхода в теории оценки), в котором население рассматривается как трудовые ресурсы государства, т.е. с точки зрения генерируемых ими будущих денежных потоков. В основе оценки выступает период нетрудоспособности (сокращение периода нетрудоспособности), и оценивать предлагается именно его (через потери в производстве валового внутреннего продукта или валового регионального продукта). Таким образом, в полной мере этот подход применим только для трудоспособного населения.

Для того чтобы оценить возможные потери от смертности и заболеваемости среди населения нетрудоспособного возраста, необходимо определить, какую функцию в экономике выполняет данная категория граждан [2]. Определение категории «население нетрудоспособного возраста» отличается в разных странах, но в целом, обобщив его смысл, можно утверждать, что к нетрудоспособному (по возрасту) населению относятся люди, которые моложе законодательно установленного трудоспособного возраста (как правило, до 16 лет), – дети, а также люди старше трудоспособного возраста (от 55–70 лет и старше) – пенсионеры. Дети – это будущее трудоспособное население, которое будет создавать ВВП в будущих периодах, нести определенные расходы, связанные с процессом жизнедеятельности, которые, опять же, будут генерировать платежеспособный спрос в экономике, а также формировать и разнообразить

структуру ВВП. Но кроме непосредственного участия в «производстве ВВП» «сегодняшние дети» – это «завтрашние родители», т.е. важно понимать, что человек не только выступает в качестве рабочей силы, но и воспроизводит эту рабочую силу. «Будущих детей» целесообразно учитывать для оценки потерь в случаях смерти населения женского пола моложе трудоспособного возраста. Пенсионеры – это неактивная часть населения, которая создавала ВВП в прошлые периоды. Но в настоящем периоде пенсионеры получают различного рода пенсии, с помощью которых генерируют платежеспособный спрос в экономике. Пенсии, как разновидность межбюджетных трансфертов, выполняют не только социальную функцию (забота общества, заслуженная награда за труды), но и воспроизводятся в ВВП через ежедневные траты.

Таким образом, человек в экономике – это трудовой ресурс, ресурс для воспроизводства трудовых ресурсов и потребитель результатов экономической деятельности (обеспечивающий спрос). Следовательно, выбытие человека как субъекта экономической деятельности приведет к выбытию человека как трудового ресурса, участника воспроизводства и потребителя в экономике.

В настоящее время в оценке потерь от смертности и заболеваемости населения используется подход (в рамках доходного подхода в теории оценки), в котором население рассматривается как трудовые ресурсы государства, т.е. с точки зрения генерируемых ими будущих денежных потоков. В качестве нормативной базы для расчета применяется методология расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения (Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации, Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Министерства финансов Российской Федерации, Федеральной службы государственной статистики № 192/323н/45н/113 от 10 апреля 2012 г.).

Представляется целесообразным, взяв за основу принятую в РФ методологию, скорректировать ее с учетом обозначенных дополнительных отложенных эффектов в экономике, а именно учесть тот факт, что население – это не только трудовые ресурсы сегодня. В перспективе человек способен воспроизводить трудовые ресурсы. Иными словами, не только

будущий труд на благо государства, но и «будущие (потенциальные) дети» должны быть учтены при экономической оценке потерь от смертности детского населения. Кроме того, человек не только «производит», но и «потребляет». То есть кроме того, что человек производит общественный продукт, тем самым осуществляя вклад в его общий объем, он является потребителем в экономике (что особо актуально для понимания экономической роли неработающего населения). Рост потребления повышает спрос и ведет к росту объема ВВП. При этом расходы увеличивают объем производства на величину большую, чем объем расходов. Срабатывает мультипликационный эффект – способность расходов вызывать прирост доходов больший, чем вызвавшие этот прирост расходы.

Алгоритм оценки экономических потерь, связанных с риском для жизни и здоровья населения, базируется на методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения. Подходы, предложенные в методологии (преимущественно для трудоспособного населения), дополнены оценкой отложенных эффектов для экономики. Схематично имеющиеся подходы и предлагаемые в рамках исследования изображены на рис. 1.

Предложенные подходы к экономической оценке потерь от смертности и заболеваемости нетрудоспособного населения не противоречат принятым методологическим рекомендациям, а дополняют круг объектов оценки (нетрудоспособное население) для целей государственного управления рисками для жизни и здоровья населения.

На рис. 1 продемонстрированы дополнительные составляющие (применительно к методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения) в экономической оценке потерь, связанных с риском для жизни и здоровья населения. Степень детализации в расчетах может быть разной в зависимости от имеющейся информации (учитывая особенности статистического наблюдения в РФ по отдельным органам государственной власти и структурам) и сопоставимости данных (из разных источников). В тех случаях, когда нет данных по половозрастной структуре (по смертности или заболеваемости по классам заболеваний), представляется возможным осуществлять упрощенный расчет для всего населения с делением на детское население, трудоспособное и население пенсионного возраста (доступная группировка по открытым данным).

Алгоритм проведения оценки экономических потерь от смертности и заболеваемости нетрудоспособного населения на основе методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения с учетом дополнений представлен на рис. 2. Алгоритм предусматривает в качестве первого этапа оценку потерь по ВВП (ВРП) от смертности и заболеваемости нетрудоспособного населения по методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации в части оценки потерь от заболеваемости для доли работающего населения среди нетрудоспособного и оценки потерь от смертности для всех категорий населения.



Рис. 1. Схема корректировки методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения

¹ Если учитывать демографический фактор и потребление, то делать это целесообразно не только для детей и пенсионеров, но и для других половозрастных групп

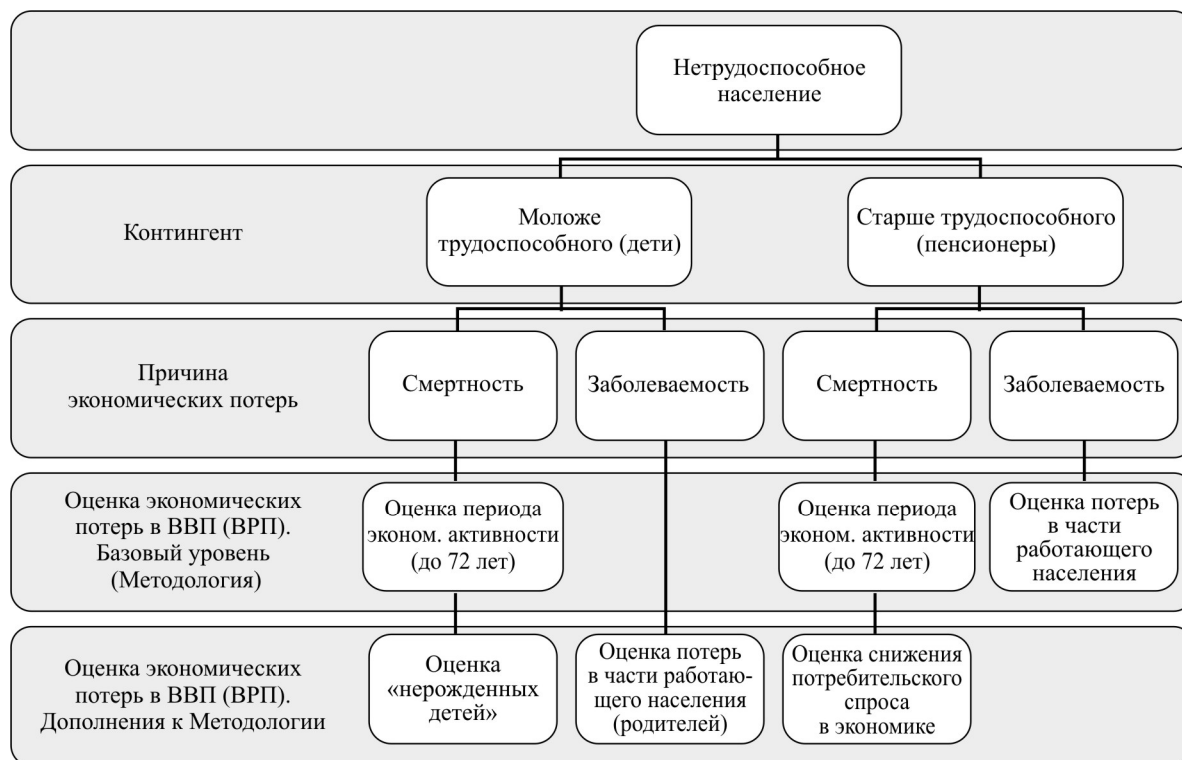


Рис. 2. Алгоритм оценки экономических потерь от смертности и заболеваемости нетрудоспособного населения на основе методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения [6]

Для оценки потерь от заболеваемости детского населения оцениваются потери по ВВП (ВРП) в части оценки периода нетрудоспособности их родителей (в доле оформленных листов нетрудоспособности).

Следующим шагом является корректировка указанных параметров с учетом демографического фактора и потребления в экономике:

- для оценки потерь ВВП (ВРП) от смертности детского населения женского пола корректировка производится на коэффициент рождаемости;

- для оценки потерь ВВП (ВРП) от смертности населения старше трудоспособного возраста корректировка производится на коэффициент потребления в экономике.

Алгоритм оценки экономических потерь от смертности и заболеваемости нетрудоспособного населения на основе методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения дает полную «картину» имеющихся (принятых в РФ) подходов к оценке и ее составляющим, предложенным в рамках данного исследования для нетрудоспособного населения.

Логика вычислений потерь по ВВП от смертности детского населения с учетом участия

человека в воспроизводственном процессе следующая: в основе расчета сумма геометрической прогрессии (условный произведенный ВВП – член прогрессии, коэффициент демографии – знаменатель прогрессии).

Упрощенный вариант оценки экономических потерь по ВВП с учетом участия в воспроизводственном процессе предусматривает учет одного «нерожденного» поколения, тогда расчет будет выглядеть следующим образом:

$$\text{ВВП}_\text{Д}^* = \text{ВВП}_\text{расч} \cdot q, \quad (1)$$

где $\text{ВВП}_\text{Д}^*$ – потенциальные потери по ВВП от «нерожденных детей»; $\text{ВВП}_\text{расч}$ – расчетный ВВП номинальный (вся жизнь «на дожитие») для данного пола; q – отношение числа рожденных детей на одного человека (на одну женщину) в соответствии с возрастной группой. Например, если в среднем женщина в РФ за свою жизнь рождает 1,5 ребенка, то коэффициент q для категории дети (женского пола) будет равен 1,5.

Данная корректировка на демографический фактор производится только для детского населения женского пола.

Логика оценки потерь по ВВП с учетом участия человека в потребительском спросе строится

на одном из методов расчета ВВП (согласно методологии Росстата).

Метод использования доходов предполагает, что при расчете ВВП учитываются: конечное потребление, инвестиции, государственные расходы и чистый экспорт. Конечное потребление включает в себя расходы на удовлетворение конечных потребностей индивидов или общества, произведенные следующими институциональными секторами: сектор домашних хозяйств, сектор органов государственной власти (госсектор), сектор частных некоммерческих организаций, обслуживающих домашние хозяйства. Соответственно, нетрудоспособное население, даже не производя нового продукта, влияет на размер ВВП, обеспечивая потребление в экономике (в определенной части).

Упрощенный вариант с учетом особенностей статистического наблюдения в РФ может быть следующим:

$$\text{ВВП}_{\Pi}^* = \text{ВВП}_{\text{расч}} \cdot g, \quad (2)$$

где ВВП_{Π}^* – потенциальные потери по ВВП «с учетом потребления в экономике»; $\text{ВВП}_{\text{расч}}$ – расчетный ВВП номинальный¹.

$$g = \frac{\text{Расх. на конеч. потреб.}}{\text{ВВП}} \times \frac{\text{Расх. на конеч. потребл. д/х}}{\text{Расх. на конеч. потреб.}} \times \frac{\text{Расх. потр. ПВгр}}{\text{Расх. на конеч. потребл. д/х}}. \quad (3)$$

g рассчитывается по статистическим данным за последние 5 лет.

$$\frac{\text{Расх. потр. ПВгр}}{\text{Расх. на конеч. потребл. д/х}} - \text{это от-}$$

ношение расходов на конечное потребление определенной половозрастной группы к расходам на конечное потребление домохозяйств.

Корректировка на участие в потребительском спросе применяется только для оценки потерь ВВП (ВРП) от смертности населения (в том числе нетрудоспособного населения), так как для случаев заболеваний данный подход не актуален – снижения потребления не происходит, происходит изменение структуры потребления (расходы на медикаменты и лечение).

Так, в целом экономические потери по ВВП с учетом вероятности дожития, участия человека

в воспроизводственном процессе и потребительском спросе в экономике могут быть уточнены:

$$\begin{aligned} \text{УВС}(\text{д}, n)_{x,s,d} &= \\ &= \text{УВС}_{x,s,d} + \text{УВС}(\text{д})_{x,f,d} + \text{УВС}(n)_{x,s,d}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\text{УВС}(\text{д}, n)_{x,s,d}$ – упущенная выгода (предотвращенные потери) в производстве ВВП в результате смертности лиц в возрасте (x) пола (s) по причине смерти (d) в РФ в отчетном году с учетом вероятности дожития, рождаемости, уровня занятости и уровня потребления в экономике в результате смертности лиц;

$\text{УВС}_{x,s,d}$ – упущенная выгода (предотвращенные потери) в производстве ВВП в результате смертности лиц в возрасте (x) пола (s) по причине смерти (d) в РФ в отчетном году с учетом вероятности дожития и уровня занятости в результате смертности лиц (по методологии, приказ № 192/323н./45н./113 от 10.04.2012 г.);

$\text{УВС}(\text{д})_{x,f,d}$ – упущенная выгода (предотвращенные потери) в производстве ВВП в результате смертности лиц в возрасте (x) женского пола (f) по причине смерти (d) в РФ в отчетном году с учетом вероятности дожития, рождаемости и уровня занятости в результате смертности лиц

$$\text{УВС}(\text{д})_{x,f,d} = \text{УВС}_0 \cdot q_x, \quad (5)$$

где УВС_0 – упущенная выгода (предотвращенные потери) в производстве ВВП в результате смертности человека в РФ в отчетном году с учетом вероятности дожития (за всю продолжительность жизни) и уровня занятости в результате смертности лиц (по методологии, приказ № 192/323н./45н./113 от 10.04.2012 г.);

q_x – отношение среднего числа рожденных детей на одну женщину за период жизни, начиная от возраста (x). Для $x \leq 16$ коэффициент q равен коэффициенту рождаемости в РФ, для $16 < x < 55$ коэффициент q равен коэффициенту рождаемости в РФ, умноженному на 0,5, где 0,5 – коэффициент, учитывающий распределение времени рождений детей в течение репродуктивного периода;

$\text{УВС}(n)_{x,s,d}$ – упущенная выгода (предотвращенные потери) в производстве ВВП в результате смертности лиц в возрасте (x) пола (s) по причине смерти (d) в РФ в отчетном году с учетом вероятности дожития и уровня занятости и уровня потребления в экономике в результате смертности лиц.

¹ ВВП на 1 человека.

$$УВС(n)_{x,s,d} = УВС_0 \cdot g_x, \quad (6)$$

где g_x – отношение расходов на конечное потребление лиц в возрасте (x) к ВВП в отчетном году. Для $16 < x < 60$ у мужчин и $16 < x < 55$ у женщин коэффициент g равен отношению среднегодовой суммы расходов на конечное потребление домохозяйств к ВВП в отчетном году. Для $60 \leq x$ у мужчин и $55 \leq x$ у женщин коэффициент g равен отношению среднегодовой суммы расходов на конечное потребление домохозяйств, главы которых имеют возраст 60 лет и более к ВВП в отчетном году.

Таким образом, учитывая эффекты (последствия) от смертности и заболеваемости населения (в том числе нетрудоспособного возраста), оценка потерь ВВП (ВРП) может быть скорректирована с учетом демографического фактора и участия населения в потребительском спросе. Кроме того, предложенные подходы расширяют инструментарий оценки потерь показателями оценки потерь по налоговым поступлениям, связанным со смертностью и заболеваемостью населения или риском болезни и смерти.

Список литературы

1. Быков А.А. О методологии экономической оценки жизни среднестатистического человека (пояснительная записка) // Проблемы анализа риска. – 2007. – Т. 4, № 2. – С. 178–191.
2. Голева О.И. Расчет предотвращенных экономических потерь от смертности нетрудоспособного населения: проблемы и поиск путей решения / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы безопасности и оценки риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания» (21–23 мая 2014 г.) / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2014. – Т. 2. – С. 418–421.
3. Зайцева Н.В., Голева О.И., Шур П.З. Система показателей оценки экономической эффективности мероприятий по снижению риска для здоровья населения / Материалы II научно-практической конференции с международным участием «Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения в промышленно развитых регионах» / под общей редакцией акад. РАН Г.Г. Онищенко, чл.-корр. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2011. – С. 7–10.
4. Приказ Минэкономразвития, Минздравсоцразвития, Минфина и Росстата от 10 апреля 2012 года N 192/323н/45н/113 «Об утверждении методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения». – М., 2012.
5. Никифорова И.А., Савватеева О.А. Оценка эколого-экономических рисков для здоровья населения как инструмент повышения качества медико-биологического мониторинга // Вестник Международной академии наук. – 2010. – № 1. – С. 168–170.
6. Фокин С.Г., Бобкова Т.Е. Экономическая оценка и обоснование решений в области управления риском для здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2011. – № 3. – С. 25–28.

References

1. Bykov A.A. O metodologii jekonomicheskoy ocenki zhizni srednestatisticheskogo cheloveka (pojasnitel'naja zapiska) [On the methodology of economic assessment of life of the average human (explanatory note)]. *Problemy analiza riska*, 2007, vol. 4, no. 2, pp. 178–191.
2. Goleva O.I. Raschet predotvrashhennykh jekonomicheskikh poter' ot smertnosti netrudosposobnogo naselenija: problemy i poisk putej reshenija [Calculation of prevent economic losses associated with mortality of incapacitated persons: problems and ways of solution]. *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye problemy bezopasnosti i ocenki riska zdorov'ju naselenija pri vozdejstvii faktorov sredy obitaniya» (21–23 may 2014)*. Perm', 2014, vol. 2, pp. 418–421.
3. Zajceva N.V., Goleva O.I., Shur P.Z. Sistema pokazatelej ocenki jekonomicheskoy jeffektivnosti meroprijatij po snizheniju riska dlja zdorov'ja naselenija [System of indexes for economic efficiency assessment of measures for health risk reduction]. *Materialy II nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Gigienicheskie i mediko-profilakticheskie tehnologii upravlenija riskami zdorov'ju naselenija v promyshlennno razvityh regionah»*. Perm', 2011, pp. 7–10.
4. Prikaz Minjekonomrazvitija, Minzdravosocrazvitija, Minfina i Rosstata ot 10 aprelja 2012 goda N 192/323n/45n/113 «Ob utverzhenii metodologii rascheta jekonomicheskikh poter' ot smertnosti, zaboлеваemosti i invalidizacii naselenija» [Order of the Ministry of Economic Development and Trade, Health Ministry, Ministry of Finance and Federal State Statistics Service “Confirmation of methodology of economic losses calculation associated with mortality, morbidity and disablement”]. Moscow, 2012.

5. Nikiforova I.A., Savvateeva O.A. Ocenka jekologo-jekonomicheskikh riskov dlja zdorov'ja naselenija kak instrument povyshenija kachestva mediko-biologicheskogo monitoringa [Assessment of ecological and economic risks to public health as a tool to improve the quality of medical and biological monitoring]. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii nauk*, 2010, no. 1, pp. 168–170.

6. Fokin S.G., Bobkova T.E. Jekonomicheskaja ocenka i obosnovanie reshenij v oblasti upravlenija riskom dlja zdorov'ja naselenija [Economic assessment and justification of decisions in relation to the public health risk management]. *Gigiena i sanitarija*, 2011, no. 3, pp. 25–28.

ASSESSMENT OF ECONOMIC LOSSES ASSOCIATED WITH RISK FOR LIFE AND HEALTH OF INCAPACITATED PERSONS

O.I. Goleva, P.Z. Shur

FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies",
Russian Federation, Perm, 82, Monastyrskaya St., 614045,
FSBEI of Higher Professional Education "Perm State National Research University",
Russian Federation, Perm, 15, Bukireva St., 614990

There are some general approaches to assessment of economic losses associated with mortality and morbidity. However these methods are utilitarian and population is considered as labor forces. That is why incapacitated persons are not frequently included in such calculations.

Authors offer to take Russian methodology as a basis and correct it taking into account a fact that population is not only a present day labor forces. In prospect an individual is able to renew labor forces. Other words not only future work but "future children" should be considered in economic assessment of losses associated with child mortality. Besides individuals not only "produce" but "consume". Growth of consumption increases demand and leads to GDP growth. In the same time expenditures increase production volume more than amount of expenditures. Ripple effect activates – ability of expenditures to induce returns growth more than expenditures associated with this growth.

Key words: economic losses associated with mortality and morbidity, economic assessment of risk for life and health, incapacitated persons, GDP, taxes.

© Goleva O.I., Shur P.Z., 2015

Goleva Olga Ivanovna – candidate of economic sciences, senior research assistant, associate professor of the finance, credit and stock-exchange industry department (e-mail: GolevaOlga@inbox.ru; tel. 8 (342) 238-33-37).

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

ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА В ГИГИЕНИЧЕСКИХ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 614.878.086

ВЕРИФИКАЦИЯ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ПДК СТИРОЛА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

М.А. Землянова, М.Р. Камалтдинов

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

Представлены материалы по верификации среднесуточной ПДК стирола в атмосферном воздухе населенных мест, выполненной по результатам собственных углубленных эпидемиологических исследований детского населения в соответствии с принципами международной практики оценки риска. Установлено, что у детей 4–7 лет в условиях экспозиции стирола на уровне выше 1,2 ПДК_{сс} развиваются негативные эффекты воздействия в виде нарушений гормональной регуляции, пигментного обмена, антиоксидантной активности, цитолиза, иммунной реактивности, цитогенетического дисбаланса, обуславливающие повышенную заболеваемость болезнями ЦНС, эндокринной системы, органов дыхания, пищеварения, кожи. На основе доказанных причинно-следственных связей биомаркеров негативных эффектов с концентрацией стирола в крови (как маркера экспозиции стирола) показано, что реперной концентрацией стирола в крови является 0,002 мг/дм³. Обоснованная величина соответствует и подтверждает принятую в России среднесуточную концентрацию стирола в атмосферном воздухе населенных мест на уровне 0,002 мг/м³, обеспечивающую безопасность для здоровья населения (1 ПДК_{сс}).

Ключевые слова: стирол, среднесуточная ПДК, атмосферный воздух, эпидемиологическое исследование, детское население, маркер экспозиции, биомаркеры эффекта, органы-мишени.

Стирол (винилбензол, фенилэтилен, этиленбензол) относится к конденсированным ароматическим соединениям, имеющим в своей молекуле одно бензольное кольцо (C₈H₈). Представляет собой бесцветную жидкость, обладающую специфическим запахом. Применяется преимущественно для производства разнообразных полимеризационных пластмасс (полистирол, пенопласт), синтетических сополимерных каучуков и пластиков, входящих в состав строительных и упаковочных материалов. Основные производящие страны: США, Япония, ФРГ, Россия. По данным Федеральной службы государственной статистики РФ объем производства стирола в России за 2014 г. составил 4371,2 тыс. тонн.

Основной путь поступления стирола в организм человека – ингаляционный. Для большинства населения поступление стирола осуществляется с воздухом закрытых помещений

жилых и общественных зданий. Средние концентрации в воздухе жилых помещений составляют от 0,0003 до 0,05 мг/м³ благодаря его поступлению из строительных материалов, бытовых средств и табачного дыма [17]. Общая суточная экспозиция населения стиролом составляет 0,0003–0,0008 мг/кг/день (из расчета на 70 кг массы тела) [17].

По данным отечественных и зарубежных авторов, при хроническом воздействии стирол характеризуется политропным действием на организм человека. Наряду с общетоксическим обладает раздражающим, мутагенным, эмбриотоксическим и канцерогенным эффектом, высокой степенью кумулятивности [13, 14, 16, 17]. Хроническая экспозиция стирола обуславливает воздействие на ЦНС (отмечается снижение скорости нервной проводимости, ослабление нейрорегуляторных реакций), эндокринную систему (нарушение гормонального баланса), печень (нару-

© Землянова М.А., Камалтдинов М.Р., 2015

Землянова Марина Александровна – доктор медицинских наук, заведующий отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики (e-mail: zem@fcrisk.ru; тел. +7 (342) 236-39-30).

Камалтдинов Марат Решидович – младший научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: marat@fcrisk.ru; тел. +7 (342) 237-18-04)

шение ферментативной, белковообразовательной, пигментной функции), систему крови и процессов кроветворения (снижение костно-мозгового кроветворения), ЖКТ (снижение кислотности желудка), иммунную систему (угнетение фагоцитарной активности), почки [13, 17]. Согласно рекомендациям ATDSR [17], биомаркерами экспозиции стирола является наличие его в моче, в крови как качественного индикатора экспозиции, в жировой ткани, а также присутствие миндальной кислоты в моче. Контроль содержания стирола в атмосферном воздухе осуществляется методом газовой хроматографии с чувствительностью $0,0015 \text{ мг/м}^3$. Количество стирола в крови определяется методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с чувствительностью $0,0001 \text{ мг/дм}^3$.

Стирол по данным Агентства по охране окружающей среды США входит в список опасных загрязнителей атмосферного воздуха [15]. При этом гигиенические нормативы содержания стирола в атмосферном воздухе в России и за рубежом имеют 130–500-кратное различие. В США максимальная концентрация стирола, обеспечивающая приемлемый уровень риска, для хронического ингаляционного воздействия (RfC) [15] составляет 1 мг/м^3 по критерию воздействия на ЦНС [14]. ВОЗ в качестве минимальной действующей концентрации стирола рекомендует $0,26 \text{ мг/м}^3$ [5]. В России среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК_с) стирола в атмосферном воздухе населенных мест составляет $0,002 \text{ мг/м}^3$ [7] по критерию рефлекторного, общерезорбтивного и специфических эффектов (канцерогенный, мутагенный, эмбриотоксичный, гонадотропный, аллергенный) действия.

В последние годы роль гигиенических нормативов не всегда оценивается однозначно. Высказывается мнение о несовершенстве этих величин как критериев качества объектов среды обитания [1]. В рамках развития методологии гармонизации гигиенических нормативов с требованиями международных организаций и повышения эффективности мероприятий по снижению неприемлемого риска для здоровья населения, обусловленного факторами среды обитания, актуальным является расширение методических подходов к гигиеническому нормированию для повышения надежности и достоверности исходных материалов, лежащих в основе ПДК одних и тех же веществ в России и за рубежом [3].

Целью настоящего исследования являлась верификация среднесуточной ПДК стирола

ла в атмосферном воздухе населенных мест по результатам эпидемиологических исследований детского населения.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха на территориях с размещением источников выброса стирола в атмосферный воздух выполнена на примере г. Перми по материалам мониторинговых наблюдений Управления Роспотребнадзора по Пермскому краю и натурных исследований ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» за период 2002–2013 гг., реализованных в соответствии с РД 52.04.186–89 [8]. Информация обобщена в соответствии с ГН 2.1.6.1338–03 [7]. Экспозицию оценивали на основании расчета средней суточной дозы хронической экспозиции при ингаляционном пути поступления согласно руководству Р 2.1.10.1920–04 [9].

Собственными углубленными эпидемиологическими исследованиями, выполненными в соответствии с принципами международной практики оценки риска, за период 2002–2013 гг. охвачено 2248 человек. Группа наблюдения включала детей из г. Перми в возрасте 4–7 лет обоего пола (всего 1892 человека, средний возраст – $5,5 \pm 0,6$ г., девочек – 51 %, мальчиков – 49 %). Дети проживали и посещали не менее 1 года детские организованные учреждения, расположенные в жилтестной застройке исследуемой территории, находящейся в условиях экспозиции стирола (от 0,3 до 3,0 км от источника). Группа контроля включала детей из г. Кунгура Пермского края в возрасте 4–7 лет (всего 356 человек, средний возраст – $5,8 \pm 0,3$ г., девочек – 50,5 %, мальчиков – 49,5 %), проживающих в условиях отсутствия экспозиции стирола. Исследуемые группы были сопоставимы:

- по характеру и частоте встречаемости патологии в перинатальном, младенческом периоде и периоде раннего детства: в группе наблюдения – 10 %, в группе контроля – 12 %;

- по социально-бытовым условиям жизни – благоустроенное жилье и средний уровень материальной обеспеченности относительно среднедушевого прожиточного минимума: группе наблюдения – 85 %, в группе контроля – 82 %;

- по частоте и характеру отягощенного наследственного анамнеза у родственников 1-й и 2-й линии: в группе наблюдения – 15 %, в группе контроля – 14 %;

– по частоте и характеру вредных привычек и профессиональных вредностей у родителей – в группе наблюдения 17,5 %, в группе контроля – 15,0 %.

На момент обследования дети не имели острых инфекционных заболеваний не менее чем в течение 4 недель до начала исследования, индекс инфекционности – 0,2–0,5, не принимали лекарственных препаратов, оказывающих выраженное влияние на гемодинамику, функцию печени и др. (барбитураты, омепразол, циметидин и т.д.), не менее чем за 30 дней до начала исследования.

От каждого законного представителя ребенка, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в обследовании, выполненном специалистами ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления риском здоровью населения» на базе мобильного консультативно-диагностического отделения и клиники, в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. (с изменениями и дополнениями на 2008 г.).

Химико-аналитические исследования включали определение содержания в крови стирола методом ВЭЖХ в соответствии с МУК 4.1.2116-06. Клинический осмотр выполнен в соответствии со специально разработанными картами клинического обследования. Гематологические (гемоглобин, эритроциты, цветной показатель, ретикулоциты, лейкоциты, моноциты, лимфоциты), биохимические (активность АСАТ, АЛАТ, γ -глутамилтранспептидазы (γ -ГТП), глутатионпероксидазы (ГПО); содержание гидроперекисей липидов, малонового диальдегида (МДА), общего и прямого билирубина, общего белка, альбумина в сыворотке крови), показатели гормоногенеза (содержание ТТГ, АКТГ в сыворотке крови) исследованы унифицированными методами [4]. Индикация цитогенетических нарушений выполнена методом полиорганного микроядерного теста на эксфолиативных букальных эпителиоцитах [6].

Для оценки достоверности различий полученных результатов использовали t -критерий Стьюдента (сравнение показателей исследуемых выборок по абсолютным значениям признака) и Z -тест Фишера (сравнение показателей исследуемых выборок по долям признака). Различия полученных результатов являлись статистически значимыми при $p \leq 0,05$ [2]. На основании клинических и лабораторных данных

оценивали состояние здоровья детей в соответствии с МКБ-10.

Обоснование маркера экспозиции стирола выполнено на основании установленной достоверной связи концентрации стирола в крови с экспозицией. Математическая модель, описывающая анализируемую зависимость в условиях низких концентраций, представляет собой линейное уравнение вида: $x = b_1 D + b_0$,

где D – среднесуточная концентрация стирола в атмосферном воздухе, мг/м^3 , x – средняя концентрация стирола в крови, мг/дм^3 ; b_0 , b_1 – параметры модели, характеризующие начальный уровень концентрации стирола в крови и скорость абсорбции [2]. Обоснование биомаркеров неканцерогенных эффектов выполняли по расчету показателя отношения шансов (OR), характеризующего связь концентрации стирола в крови с показателями ответных реакций у детей. Наличие связи оценивали по критерию $OR > 1$ [10]. Установление реперного (порогового) уровня (Benchmark concentration, BMC) стирола в крови, при котором предполагается 10%-ное превышение риска среди индивидуумов, находящихся ниже 2-го или выше 98-го персентиля, в случае нормального распределения ответов со стороны здоровья [18] выполнено моделированием зависимости изменения показателя отношения шансов от изменения концентрации стирола в крови (маркера экспозиции) для каждого маркера эффекта. Оценку параметров зависимости проводили методом построения регрессионной модели в виде экспоненциальной функции [12]: $OR = e^{a_0 - a_1 x}$, где OR – показатель отношения шансов; x_0 – концентрация стирола в крови, мг/дм^3 ; a_0 , a_1 – параметры модели, определяемые методом регрессионного анализа. Адекватность полученной модели оценивали по критерию Фишера ($F > 3,63$) и коэффициенту детерминации (R^2) [12]. Анализ информации по результатам исследований и оценку параметров моделей выполняли с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 и специальных программных продуктов, сопряженных с приложениями MS-Office.

Реперный уровень стирола в крови (x_0) для каждого маркера эффекта рассчитывали, исходя из условия $OR = 1$ (признак отсутствия связи маркера эффекта с концентрацией стирола в крови), по формуле: $x_0 = \frac{a_0}{a_1}$, где x_0 – концентрация стирола в крови, мг/дм^3 ; a_0 , a_1 – пара-

метры модели, определяемые методом регрессионного анализа. Из полученного ряда 95 % верхних доверительных границ концентраций стирола в крови для каждого маркера эффекта определяли наименьшую, которую рекомендовали в качестве реперного уровня для условий хронического воздействия. На основании зависимости концентрации стирола в крови от его содержания в атмосферном воздухе вычисляли уровень стирола в атмосферном воздухе, соответствующий реперной концентрации стирола в крови.

Результаты и их обсуждение. Среднесуточная концентрация стирола в жилой застройке территории наблюдения (г. Пермь) за исследуемый период зарегистрирована уровне 0,0015–0,0043 мг/м³, что соответствует 0,8–2,2 ПДК_{сс} или 0,0015–0,004 RfC_{ср}. В атмосферном воздухе контрольной территории содержание стирола не превышало нижний предел измерения (0,02 мг/м³), выполненного методом газовой хроматографии. Хроническая экспозиция на территории наблюдения характеризовалась суммарной средней суточной дозой стирола от 0,0002 до 0,0005 мг/ (кг·день). Экспонируемой субпопуляцией является 360 тыс. населения, в том числе 42 тыс. детей в возрасте от 0 до 14 лет.

У детей группы наблюдения идентифицирован стирол в крови как маркер экспозиции в диапазоне концентраций от 0,0001 до 0,009 мг/дм³. Частота регистрации проб с наличием стирола в крови составила 55 % от общего количества исследованных проб. В контрольной группе детей стирол в крови не идентифицирован ни в одном случае, превышающем нижний предел измерения, выполненного методом ВЭЖХ. В группе наблюдения установлена достоверная зависимость ($R^2=0,33$, $F=460,74$, $p=0,000$) концентрации стирола в крови детей от среднесуточной концентрации вещества в атмосферном воздухе, описываемая уравнением вида: $y = -0,003 + 2,45x$ (рис. 1).

Результаты углубленного исследования ответных реакций организма детей группы наблюдения на экспозицию стирола позволили выделить биомаркеры, характеризующие развитие негативных эффектов, спектр и выраженность которых имеют достоверную зависимость от концентрации стирола в крови. В контрольной группе детей достоверные причинно-следственные связи ($p<0,05$) биомаркеров негативных эффектов с содержанием стирола в крови не установлены.

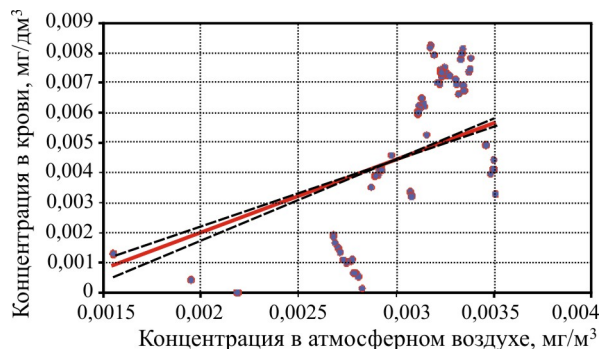


Рис. 1. Зависимость концентрации стирола в крови детей от среднесуточной концентрации стирола в атмосферном воздухе

У детей с концентрацией стирола в крови на уровне 0,002 мг/дм³ и ниже, соответствующей на основании установленной зависимости концентрации стирола в атмосферном воздухе 1 ПДК_{сс}, не выявлены показатели ответных реакций организма, имеющие достоверные отклонения, с аналогичными показателями у детей контрольной группы и достоверные связи с концентрациями стирола в крови.

У детей с концентрацией стирола в крови на уровне 0,003–0,004 мг/дм³, что соответствует концентрации стирола в атмосферном воздухе 1,2–1,4 ПДК_{сс}, биомаркерами эффекта являлись повышение уровня АКТГ и ТТГ в сыворотке крови в 1,3 и 1,2 раза соответственно относительно показателя в контрольной группе ($F=18,19\div170$; 8; $R^2=0,16\div0,56$; $p=0,000$), что свидетельствует о нарушении синтеза гормонов передней доли гипофиза и, как следствие, нейроэндокринной регуляции (табл. 1).

Кроме этого, в данной подгруппе детей зарегистрировано повышение уровня общего билирубина в сыворотке крови в 1,4 раза относительно показателя контрольной группы ($F=2953,8$; $R^2=0,62$; $p=0,000$), характеризующее нарушение пигментного обмена. Данный процесс отмечается на фоне активации цитолиза, установленного по повышению активности АСАТ и γ -ГТП в сыворотке крови в 1,3–1,5 раза по сравнению с показателями контрольной группы ($F=200,7\div253,3$; $R^2=0,52\div0,69$; $p=0,000$). Выявлено повышение уровня моноцитов и лимфоцитов в цельной крови ($F=11,28\div152,7$; $R^2=0,48\div0,60$; $p=0,000$), отражающее вовлечение иммунокомпетентных клеток в ответную реакцию организма на воздействие стирола. Установлено снижение антиоксидантной активности, обеспечиваемой системой глутатиона печени, в ответ на усиление перекисного окисления липидов клеточной

Таблица 1

Сравнительный анализ гематологических и биохимических показателей у детей в возрасте 4–7 лет с концентрацией стирола в крови на уровне 0,003–0,004 мг/дм³, обусловленной экспозицией стирола (на примере г. Перми)

Показатель	Среднее значение ($M \pm m$)		Достоверность различий (p)
	группа наблюдения	группа контрольная	
ТТГ, мкМЕ/см ³	2,22±0,02	1,85±0,21	0,005
АКТГ, пг/см ³	28,48±1,55	21,91±1,55	0,000
АСАТ, Е/дм ³	30,78±0,55	23,68±1,29	0,000
γ-ГТ, Е/дм ³	26,26±2,34	17,51±0,73	0,000
Билирубин общий, мкмоль/дм ³	10,05±0,38	7,20±1,09	0,000
Лимфоциты, %	43,03±2,51	39,94±0,48	0,030
Моноциты, %	6,58±0,38	4,44±0,11	0,000
Антиоксидантная активность, %	30,21±0,33	36,50±0,49	0,000
Гидроперекись липидов, мкмоль/дм ³	461,1±20,4	194,2±24,2	0,000
Глутатионпероксидаза, нг/см ³	30,14±1,71	35,59±4,14	0,016

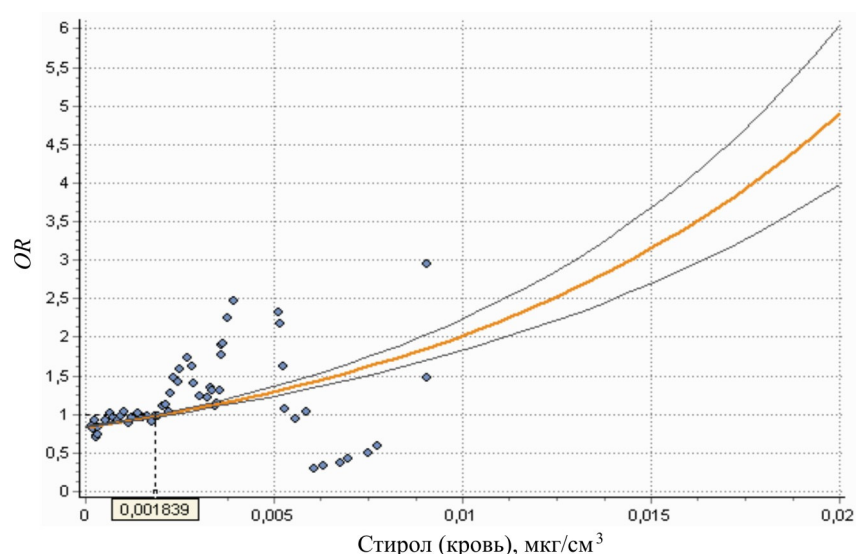


Рис. 2. Зависимость показателя отношения шансов (OR) повышения уровня ТТГ в сыворотке крови от концентрации стирола в крови

мембраны, о чем свидетельствует достоверное повышение содержания гидроперекиси липидов, снижение активности глутатионпероксидазы и общей антиоксидантной активности сыворотки крови ($p=0,000 \div 0,016$). У детей описываемой выборки в 1,5 раза чаще регистрируются болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (код по МКБ-10 – E00-E07, E65-E68), имеющие доказанную связь с концентрацией стирола в крови ($F=61,3 \div 1108,0$; $R^2=0,69 \div 0,52$; $p=0,000$). Пример графического изображения достоверной зависимости показателя отношения шансов повышения уровня ТТГ в сыворотке крови от концентрации стирола в крови ($F=868,0$; $p=0,000$), описываемой уравнением вида $OR = e^{-0,180 - 88,5x}$, представлен на рис. 2.

В представленном примере реперным уровнем концентрации стирола в крови является концентрация 0,002 мг/дм³, 95%-ная верхняя доверительная граница реперного уровня стирола в крови составляет 0,0018 мг/дм³.

У детей описываемой выборки (по данным объективного осмотра) зарегистрирована большая частота встречаемости функциональных нарушений центральной нервной системы (в 2,2–3,0 раза относительно контрольной группы) в виде синдрома гиперреактивности и неврозоподобного синдрома (код по МКБ-10 – G93.8), головной боли напряженного типа (G44.8), других уточненных поражений головного мозга; в 1,5–2,0 раза чаще – болезней органов пищеварения в виде дискинезии желче-

выводящих путей (K83.8), синдрома мальабсорбции (K90.0); в 1,3–1,7 раза – болезнью органов дыхания в виде гипертрофии аденоидов и миндалин (J35.0–J35.3), хронического ринита (J31.0), болезнью бронхов (J40, J42). Установлена достоверная связь вероятности развития болезнью нервной системы, органов пищеварения и органов дыхания с концентрацией стирола в крови ($F=61,3 \div 1108,0$; $R^2=0,52 \div 0,69$; $p=0,000$). Пример графического изображения достоверной зависимости показателя отношения шансов повышения частоты заболеваний органов дыхания от концентрации стирола в крови ($F=405,91$; $p=0,000$), описываемой уравнением вида $OR = e^{-0,198 - 124,6x}$, представлен на рис. 3.

В данном примере реперным уровнем стирола в крови является концентрация $0,002 \text{ мг/дм}^3$, 95%-ной верхней доверительной границей реперного уровня – концентрация $0,0016 \text{ мг/дм}^3$.

У детей с концентрацией стирола в крови выше $0,005 \text{ мг/дм}^3$, что соответствует концентрации стирола в атмосферном воздухе выше $0,0032 \text{ мг/м}^3$ (или выше $1,6 \text{ ПДК}_{\text{ср}}$), дополни-

тельно регистрировали повышенную частоту (в 1,8 раза относительно показателя контрольной группы) болезнью кожи и подкожной клетчатки в виде атопического дерматита (L20). Результаты цитогенетических исследований свидетельствуют о повышенной генетической нестабильности, зафиксированной в эксфолиативных клетках буккального эпителия детей с концентрацией стирола в крови выше $0,003 \text{ мг/дм}^3$ (выше $1,2 \text{ ПДК}_{\text{ср}}$). Установлено нарушение нормального цикла митотического деления, ведущего к формированию микроядер, и активация процесса клеточного деления, характеризующиеся усилением апоптотической активности и ядерной деструкции. Частота клеток с микроядрами и ядерными протрузиями типа «язык» и «разбитое яйцо» до 1,5 раза выше показателей контрольной группы ($p=0,006 \div 0,022$) и до 3,0 раза выше среднероссийских показателей [18]. Частота клеток с апоптотическими телами и вакуолизацией клеточного ядра до 1,6 раза выше показателей контрольной группы ($p=0,003 \div 0,012$) (табл. 2).

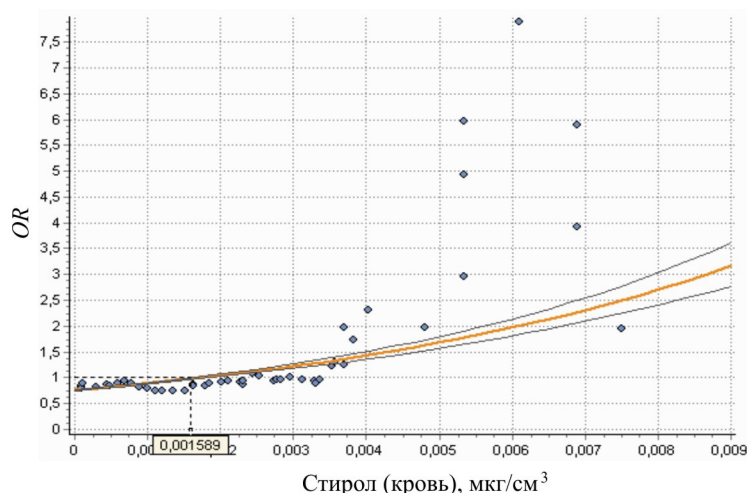


Рис. 3. Зависимость показателя отношения шансов (OR) повышения частоты заболеваемости болезнями органов дыхания от концентрации стирола в крови

Таблица 2

Частота изменений эксфолиативных буккальных эпителиоцитов у детей в возрасте 4–7 лет с концентрацией стирола в крови выше $0,003 \text{ мг/дм}^3$, ‰ ($p \leq 0,05$)

Показатель	Группа наблюдения ($M \pm m$)	Контрольная группа ($M \pm m$)	Достоверность различий (p)
<i>Цитогенетические показатели</i>			
Микроядра	$0,86 \pm 0,16$	$0,64 \pm 0,09$	0,022
Ядерные протрузии типа «язык»	$0,45 \pm 0,09$	$0,31 \pm 0,06$	0,010
Ядерные протрузии типа «разбитое яйцо»	$0,14 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,03$	0,006
<i>Показатели деструкции</i>			
Ядра с вакуолизацией	$12,09 \pm 1,50$	$9,86 \pm 0,19$	0,003
Клетки с апоптотическими телами	$0,95 \pm 0,24$	$0,59 \pm 0,15$	0,012

Установленные биомаркеры цитогенетических нарушений имеют достоверную связь с концентрацией стирола в крови ($F=55,4 \div 1558,0$; $R^2=0,54 \div 0,62$; $p=0,000$).

В результате определены реперные концентрации стирола в крови для каждого маркера эффекта (представленного в виде изменения лабораторного показателя или повышения частоты заболеваний) при хронической экспозиции атмосферного воздуха в диапазоне 0,002–0,005 мг/дм³. Из имеющегося ряда реперных концентраций стирола в крови наименьшей является 0,002 мг/дм³, соответствующая среднесуточной концентрации стирола в атмосферном воздухе на уровне 0,002 мг/м³, что подтверждает действующую в России величину среднесуточной ПДК стирола в атмосферном воздухе населенных мест.

Выводы. Обобщение результатов эпидемиологических исследований детского населения, выполненных в соответствии с принципами международной практики оценки риска, в целях верификации среднесуточной ПДК стирола в атмосферном воздухе населенных мест показало:

– при содержании стирола в атмосферном воздухе населенных мест на уровне 0,002 мг/м³ и выше у детей селитебных территорий, находящихся в зонах экспозиции, идентифицирован в крови стирол на уровне 0,002 мг/дм³ и выше;

– при концентрации стирола в крови на уровне 0,002 мг/дм³ и ниже не обнаружены достоверные различия показателей ответных реакций организма с аналогичными у детей контрольной группы и достоверные связи с концентраций стирола в крови;

– при концентрации стирола в крови на уровне 0,003–0,004 мг/дм³ и выше, что соответствует концентрации стирола в атмосферном воздухе, равной 1,2–1,4 ПДК_{сс} и выше, установлено нарушение состояние здоровья детского населения, обусловленное экспозицией стирола (атмосферный воздух), в виде повышения заболеваемости болезнями ЦНС, эндокринной системы, дыхания, органов пищеварения, кожи и развития негативных эффектов в виде цитолиза, нарушений пигментного обмена, гормональной регуляции, антиоксидантной активности, вовлечения иммунокомпетентных клеток, цитогенетического дисбаланса;

– реперной концентрацией стирола в крови является концентрация 0,002 мг/дм³, соответствующая среднесуточной концентрации стирола в атмосферном воздухе – 0,002 мг/м³ (или 1 ПДК_{сс});

– концентрация стирола в атмосферном воздухе 0,002 мг/м³, принятая в России, обеспечивает безопасность для здоровья населения.

Список литературы

1. Гигиенические нормативы химических веществ в окружающей среде / Ю.А. Рахманин, В.В. Семёнова, А.В. Москвина, ред., Л.А. Аликбаева, Ю.Д. Губернский, Доценко В.А. [и др.]. – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 766 с.
2. Гланц С. Бузикашвили Н.Е. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика; 1998. – 459 с.
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. К вопросу установления и доказательства вреда здоровью населения при выявлении неприемлемого риска, обусловленного факторами среды обитания // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 2. – С. 14–27.
4. Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике: справочник. – М.: Медицина; 1987. – 366 с.
5. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека / Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия. – № 85. – Копенгаген: ВОЗ, Европейское региональное бюро; 2001 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/119675/E67902R.pdf (дата обращения: 10.03.2014).
6. Оценка цитологического и цитогенетического статуса слизистых оболочек полости носа и рта у человека: методические рекомендации. – М., 2005. – 37 с.
7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест: ГН 2.1.6.1338–03. – М., 2003.
8. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186–89. – М., 1991. – 695 с.
9. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ: Р 2.1.10.1920–04. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
10. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. – М.: Медиа Сфера, 1998. – 352 с.
11. Цитогенетические маркеры и гигиенические критерии оценки хромосомных нарушений у населения и работников в условиях воздействия химических факторов с мутагенной активностью (на примере металлов, ароматических углеводородов, формальдегида) / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.Б. Алексеев, С.Г. Щербина. – Пермь: Книжный формат, 2013. – 222 с.

12. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 356 с.
13. Chronic Toxicology Summary: Styrene [49 KB PDF, 13 pages]. State of California, Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHА). Provides a summary of chronic reference exposure levels adopted by OEHHА. 2012. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.osha.gov/SLTC/styrene> (дата обращения: 10.03.2014).
14. Styrene (CASRN 100-42-5): Environmental Protection Agency (EPA), Integrated Risk Information System (IRIS). Discusses the health effects of styrene. 2000. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/styrene.html> (дата обращения: 10.03.2014).
15. Styrene. Environmental Protection Agency (EPA). Lists styrene as a Hazardous Air Pollutant (HAP) under the National Emissions Standard Hazardous Air Pollutants section of its Clean Air Act: Second Report to Congress on the Status of the Hazardous Air Pollutant Program under the Clean Air Act. 1997. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.epa.gov/ttn/atw/112s/fnl_rpt.pdf (дата обращения: 10.03.2014).
16. Styrene: Reasonably anticipated to be a human carcinogen. First listed in the Twelfth Report on Carcinogens. 2011. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ntp.nih.gov/ntp/roc/twelth/profiles/styrene.pdf> (дата обращения: 10.03.2014).
17. Toxicological Profile for Styrene: U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – Atlanta, 2010. – 236 p.
18. U.S. EPA. The Use of the Benchmark Dose Approach in Health Risk Assisment//EPA/630/R-94/007. – Washington, DC, 1992. – 146 p.

References

1. Rahmanin Ju.A., Semenova V.V., Moskvina A.V., red., Alikbaeva L.A., Gubernskij Ju.D., Docenko V.A. [i dr.]. Gigenicheskie normativy himicheskikh veshhestv v okruzhajushhej srede [Hygienic norms of chemical substances in the environment]. Saint-Petersburg: NPO «Professional», 2007, 766 p.
2. Glanc S. Buzikashvili N.E., red. Mediko-biologicheskaja statistika [Medical and biological statistics]. Moscow, Praktika; 1998, 459 p.
3. Zajceva N.V., Maj I.V., Klejn S.V. K voprosu ustanovlenija i dokazatel'stva vreda zdorov'ju naselenija pri vyjavlenii nepriemlegogo riska, obuslovlennogo faktorami sredy obitanija [On the issue of establishment and substantiation of the harm to the health of population during the detection of unacceptable risk stipulated by the living environment factors]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 2, pp. 14–27.
4. Men'shikov V.V. Laboratornye metody issledovanija v klinike: Spravochnik [Laboratory research methods in clinic: Handbook]. Moscow: Medicina; 1987, 366 p.
5. Monitoring kachestva atmosfernogo vozduha dlja ocenki vozdeystvija na zdorov'e cheloveka [Atmospheric air quality monitoring in order to assess the impact on the health of humans]. Regional'nye publikacii WHO, Evropejskaja serija, № 85. – Kopengagen: VOZ, Evropejskoe regional'noe bjuro; 2001. Available at: URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/119675/E67902R.pdf.
6. Ocenka citologicheskogo i citogeneticheskogo statusa slizistyh obolochek polosti nosa i rta u cheloveka: Metodicheskie rekomendacii [Assessment of cytological and cytogenetic status of mucous membranes of the human nasal and oral cavity: Guidelines]. Moscow, 2005, 37 p.
7. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) zagriznjajushhih veshhestv v atmo-sfernom vozduhe naselen-nyh mest: GN 2.1.6.1338-03 [Maximum permissible concentrations (MPCs) of contaminants in the atmospheric air of settlements: GN 2.1.6.1338-03].
8. Rukovodstvo po kontrolju zagriznenija atmosfery: RD 52.04.186-89 [Manual on the atmosphere contamination control: RD 52.04.186-89]. Moscow, 1991, 695 p.
9. Rukovodstvo po ocenke riska zdorov'ju naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv: R 2.1.10.1920-04 [Manual on the assessment of risk to the health of population when exposed to the chemical substances: R 2.1.10.1920-04]. Moscow: Federal'nyj centr Gossanjepidnadzora Minzdrava Rossii; 2004, 143 p.
10. Fletcher R., Fletcher S., Vagner Je. Klinicheskaja jepidemiologija. Osnovy dokazatel'noj mediciny [Clinical epidemiology. Basics of the evidence based medicine]. Moscow: Media Sfera; 1998, 352 p.
11. Zajceva N.V., Zemljanova M.A., Alekseev V.B., Shherbina S.G. Citogeneticheskie markery i gigenicheskie kriterii ocenki hromosomnyh narushenij u naselenija i rabotnikov v uslovijah vozdeystvija himicheskikh faktorov s mutagennoj aktivnost'ju (na primere metallov, aromaticeskikh uglevodorodov, formal'degida) [Cytogenetic markers and hygienic criteria for the assessment of chromosomal disorders in population and workers exposed to the chemical factors with mutagenic activity (on the examples of meals, aromatic hydrocarbons, formaldehyde)]. Perm': Knizhnyj format; 2013, 222 p.
12. Chetyrkin E.M. Statisticheskie metody prognozirovaniya [Statistical methods of forecasting]. Moscow, Statistika, 1977, 356 p.
13. Chronic Toxicology Summary: Styrene [49 KB PDF, 13 pages]. State of California, Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHА). Provides a summary of chronic reference exposure levels adopted by OEHHА. 2012. Available at: <https://www.osha.gov/SLTC/styrene>.

14. Styrene (CASRN 100-42-5): Environmental Protection Agency (EPA), Integrated Risk Information System (IRIS). Discusses the health effects of styrene, 2000. Available at: URL: <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/styrene.html>.
15. Styrene. Environmental Protection Agency (EPA). Lists styrene as a Hazardous Air Pollutant (HAP) under the National Emissions Standard Hazardous Air Pollutants section of its Clean Air Act: Second Report to Congress on the Status of the Hazardous Air Pollutant Program under the Clean Air Act. 1997. Available at: URL: http://www.epa.gov/ttn/atw/112s/fnl_rpt.pdf.
16. Styrene: Reasonably anticipated to be a human carcinogen. First listed in the Twelfth Report on Carcinogens. 2011. Available at: URL: <http://www.ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelth/profiles/styrene.pdf>.
17. Toxicological Profile for Styrene: U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, 2010, 236 p.
18. U.S.EPA. The Use of the Benchmark Dose Approach in Health Risk Assessment//EPA/630/R-94/007, Washington, DC, 1992, 146 p.

VERIFICATION OF AVERAGE DAILY MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION OF STYRENE IN THE ATMOSPHERIC AIR OF SETTLEMENTS UNDER THE RESULTS OF EPIDEMIOLOGICAL STUDIES OF THE CHILDREN'S POPULATION

M.A. Zemlyanova, M.R. Kamaltdinov

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

We presented the materials on the verification of the average daily maximum permissible concentration of styrene in the atmospheric air of settlements performed under the results of own in-depth epidemiological studies of children's population according to the principles of the international risk assessment practice. It was established that children in the age of 4–7 years when exposed to styrene at the level above 1.2 of threshold level value for continuous exposure develop the negative exposure effects in the form of disorders of hormonal regulation, pigmentary exchange, antioxidative activity, cytolysis, immune reactivity and cytogenetic disbalance which contribute to the increased morbidity of diseases of the central nervous system, endocrine system, respiratory organs, digestion and skin. Based on the proved cause-and-effect relationships between the biomarkers of negative effects and styrene concentration in blood it was demonstrated that the benchmark styrene concentration in blood is 0.002 mg/dm³. The justified value complies with and confirms the average daily styrene concentration in the air of settlements at the level of 0.002 mg/m³ accepted in Russia which provides the safety for the health of population (1 threshold level value for continuous exposure).

Key words: styrene, average daily maximum allowable concentration, atmospheric air, epidemiological study, children's population, exposure marker, biomarkers of effect, target organs.

© Zemlyanova M.A., Kamaltdinov M.R., 2015

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

Kamaltdinov Marat Reshidovich – junior research associate of Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: marat@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 237-18-04).

УДК 616.446.37

ОЦЕНКА ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ОНКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА КАК ФАКТОРА РИСКА РАЗВИТИЯ ИНФЕКЦИЙ У ПАЦИЕНТОВ

О.В. Тонко, А.Ю. Логинова, Н.Д. Коломиец

ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,
Республика Беларусь, 223040, г. Минск, п. Лесной, 31

Изучена частота нестандартных смывов, взятых в рамках производственного микробиологического контроля и по эпидемическим показаниям в онкологическом стационаре. Проведена оценка влияния факторов больничной среды на формирование инфекционных заболеваний. Выявлено, что частота проб с условно-патогенной и патогенной микрофлорой по эпидемическим показаниям превышала в несколько раз долю нестандартных проб при исследовании объектов внешней среды. Наибольшая частота нестандартных проб в рамках производственного контроля выявлялась в операционных залах и перевязочных кабинетах хирургических отделений, а по эпидемическим показаниям – в палатах анестезиологии и реанимации и перевязочных кабинетах. Главным элементом повышения безопасности пациентов является снижение риска внутрибольничных инфекций за счет улучшения больничной гигиены.

Ключевые слова: внутрибольничная среда, онкологический стационар, производственный микробиологический контроль, эпидемические показания.

Риск развития инфекции у онкологических пациентов существенно повышен в связи с наличием опухолевой интоксикации, истощения, анемии, длительностью и объемом оперативных вмешательств, обширной кровопотерей в ходе операции, а также предшествующей химио- и лучевой терапией и/или использованием глюкокортикоидных препаратов. При этом инфекции в большинстве своем имеют «госпитальную» природу, протекают крайне тяжело и плохо поддаются терапии в связи с высокой резистентностью возбудителей [1, 8].

В онкологическом стационаре преобладают инфекции в области хирургического вмешательства. Частота возникновения инфекционных осложнений хирургических пациентов зависит от целого ряда факторов, таких как состояние иммунитета пациента, его аутофлоры и т.д. Эти факторы носят эндогенный характер, однако возможно и экзогенное инфицирование. К экзогенным факторам развития осложнений относятся микробная контаминация воздуха операционной, перевязочных кабинетов, хирургических инструментов, материалов,

обсемененность объектов окружающей среды, рук медперсонала. Значение окружающей среды в качестве резервуара для микроорганизмов, причастных к передаче инфекций в больницах, все чаще признается важным и актуальным. В современной литературе уделяется пристальное внимание вопросам нарушения правил больничной гигиены, что приводит к развитию и распространению инфекционных заболеваний в стационарах [1].

В этой связи в онкологическом стационаре, где находятся хирургические пациенты, крайне важным является выявление циркулирующих штаммов микроорганизмов, выделенных из эпидемически значимых объектов окружающей среды. Суждение о принадлежности выделенных штаммов к госпитальному штамму основывается на данных об этиологической значимости этого микроба в возникновении патологического процесса, результатах типирования и эпидемиологическом подтверждении его роли в распространении заболеваний [3].

Цель работы – провести ретроспективный анализ бактериологических исследований внут-

© Тонко О.В., Логинова А.Ю., Коломиец Н.Д., 2015

Тонко Оксана Владимировна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры эпидемиологии и микробиологии (e-mail: oxana_tonko@tut.by; тел. +37529 33-41-813).

Логинова Анна Юрьевна – аспирант, старший преподаватель кафедры эпидемиологии и микробиологии (e-mail: hanna.login@tut.by; тел. +37525 75-88-470).

Коломиец Наталья Дмитриевна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии и микробиологии (e-mail: ndkolomiets@mail.ru; тел. 8-029-35-43-904).

рибольничной среды хирургических отделений и операционных для определения наиболее эпидемически значимых объектов и зон «режимных помещений».

Материалы и методы. В период с 2010 по 2013 г. в хирургических отделениях, операционных, палатах отделения анестезиологии и реанимации проводили микробиологические исследования воздуха и объектов окружающей среды. Микробиологический контроль микробной обсемененности воздушной среды, объектов внешней среды, стерильности медицинских изделий осуществлялся в соответствии с утвержденной нормативно-технической документацией стационара. Отбор проб с поверхностей различных объектов внешней среды происходил методом смывов, уровень обсемененности воздуха – аспирационным методом в соответствии с действующими инструкциями.

Идентификацию выделенных культур микроорганизмов осуществляли по общепринятым методикам, применяемым в микробиологических лабораториях с изучением комплекса признаков и использованием автоматического микробиологического анализатора VITEK-2 Compact. При статистической обработке использован статистический пакет IBM SPSS Statistics 19.

Результаты и их обсуждение. Внутрибольничная среда может быть значимым источником внутрибольничных патогенных микроорганизмов, атакующих пациентов, составляющих группу высокого риска [5, 6].

Несмотря на то что первичными природными резервуарами возбудителей многих инфекций являются почва, вода и т.д., наиболее значимые эпидемические проявления этих возбудителей (клебсиеллы, протеи, серрации, псевдомонады, клостридии) связаны со стационарами учреждений здравоохранения, где могут формироваться вторичные эпидемически значимые резервуары возбудителей ГВЗ, в которых условно-патогенные возбудители могут длительное время сохраняться [3, 7].

Термин «внутрибольничная» среда применяется к воздуху, воде, поверхностям предметов, окружающих пациентов, оборудованию и изделиям медицинского назначения, применяемых в процессе оказания медицинской помощи в стационаре [3, 7]. С целью изучения циркуляции патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в онкологическом центре как этап микробиологического мониторинга проводится бактериологический лабораторный кон-

троль объектов внешней среды в структурных подразделениях. Санитарно-бактериологические исследования осуществлялись в соответствии с планом производственного контроля. По эпидемическим показаниям перечень и объем исследований определялся в соответствии с конкретной эпидемической ситуацией.

Проведен ретроспективный анализ данных микробиологического контроля объектов больничной среды, воздуха, стерильности медицинских изделий и условий стерилизации медицинских изделий за 2010–2013 гг. Всего в клинических отделениях за 4 года отобрано 18017 смывов с объектов внешней среды, в том числе в рамках производственного контроля – 17419 (96,7 %) и по эпидемическим показаниям – 592 (3,3 %).

Наибольшее число контрольных исследований микробной обсемененности окружающей среды проведено в хирургических отделениях и операционном блоке. При этом на долю плановых исследований в хирургических отделениях приходилось от 25 % в 2013 г. до 44,2 % в 2010 г., а доля внеплановых обследований в этих отделениях была практически в 2 раза большей от всех исследований по эпидпоказаниям и составила от 76,5 % в 2010 г. до 82,4 % в 2011 г., в 2012–2013 гг. внеплановые обследования в хирургических отделениях не проводились. На долю плановых исследований в операционном блоке приходилось от 31,9 % в 2012 г. до 55,3 % в 2013 г. обследований; по эпидемическим показаниям в этот период исследования не проводились. Наибольшее количество внеплановых обследований в 2010–2013 гг. проводилось в отделении анестезиологии и реанимации – от 5,9 % в 2011 г. от всех исследований по эпидемическим показаниям по отделениям до 100 % в 2013 г. Частота смывов с выделенной условно-патогенной и патогенной микрофлорой в клинических отделениях колебалась от 3,2 % в 2012 г. (175 нестандартных проб из 5459) до 6,4 % в 2013 г. (378 нестандартных проб из 5901) (табл. 1).

Доля нестандартных проб при исследовании объектов внешней среды в ходе производственного контроля составила 2,7 % в 2012 г. и 5,7 % в 2011 и 2013 г., при этом частота проб с условно-патогенной и патогенной микрофлорой по эпидемическим показаниям составила от 10,1 % в 2011 г. до 33,3 % в 2013 г.

Из 2902 проб воздуха, отобранных в клинических отделениях до работы за 4 года, 162 пробы (5,6 %) не соответствовали нормируемым показателям, из них 137 (84,6 %) – по плесневым

Таблица 1

Частота нестандартных проб, выявленных в ходе микробиологического контроля
микробной обсемененности воздушной среды, объектов внешней среды, стерильности
медицинских изделий

Микробиологические исследования	2010 г.			2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	Всего	Нестандартных проб		Всего	Нестандартных проб		Всего	Нестандартных проб		Всего	Нестандартных проб	
		абс.	%		абс.	%		абс.	%		абс.	%
Всего взято смывов:	3393	178	5,2	2962	187	6,3	5459	175	3,2	5901	378	6,4
– из них в рамках производственного контроля	3261	145	4,4	2792	160	5,7	5313	145	2,7	5751	328	5,7
– из них по эпидпоказаниям	132	33	25	170	17	10,1	146	30	20,5	150	50	33,3
Всего отобрано проб воздуха:	858	40	4,7	765	40	5,2	698	33	4,7	581	49	8,4
– из них не соответствует по общему количеству микрофлоры в 1 м ³		8	0,9		1	0,13		0	0		3	0,5
– из них не соответствует по <i>S. aureus</i> в 1 м ³		0	–		1	0,13		4	0,57		13	2,2
– из них не соответствует по плесневым и дрожжевым грибам в 1 м ³		32	3,7		38	5,0		29	4,15		38	6,5

и дрожжевым грибам, 9 (5,6 %) – по общему микробному числу, 18 (9,8 %) – по золотистому стафилококку. При исследовании инструментария на стерильность нестандартных проб не было выявлено.

Наибольшая частота смывов с условно-патогенной и патогенной микрофлорой в рамках производственного контроля наблюдалась в перевязочных кабинетах – от 7,7 % в 2013 г. до 51,7 % в 2012 г., операционных (с предоперационными) – от 11,0 % в 2012 г. до 41,3 % в 2013 г., палатах отделения анестезиологии и реанимации – от 8,3 % в 2012 г. до 37,7 % в 2013 г. (табл. 2).

Наибольшая частота смывов с условно-патогенной и патогенной микрофлорой в помещениях отделений в 2010–2013 гг. по эпидемическим показаниям выявлена в перевязочных кабинетах хирургических отделений: от 5,9 % в 2011 г. до 33,3 % в 2010 г., палатах отделения анестезиологии и реанимации – 66,7 % в 2010 г., 100 % – 2013 г. (табл. 3).

Для определения наиболее эпидемически значимых объектов внешней среды онкологического стационара для контаминации пациента патогенной и условно-патогенной микрофлорой в процессе оказания медицинской помощи мы использовали классификацию предметов ухода

Таблица 2

Частота нестандартных проб, выявленных в ходе микробиологического контроля
микробной обсемененности объектов внешней среды по видам помещений в рамках
производственного контроля

Вид помещений	Частота нестандартных проб							
	2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Перевязочные	25	17,2	31	26,7	75	51,7	23	7,7
Процедурные	17	11,7	40	34,5	0	0	11	3,7
Манипуляционные	3	2,1	2	1,7	18	12,4	3	1
Смотровые	3	2,1	–	–	–	–	–	–
Стоматологические кабинеты	2	1,4	–	–	–	–	–	–
Гинекологические кабинеты	8	5,5	2	1,7	–	–	5	1,7
Палаты хирургических отделений	1	0,7	–	–	–	–	–	–
Палаты ОИТР и реанимационный зал	51	35,2	–	–	12	8,3	113	37,7
Кабинеты эндоскопического отделения	2	1,4	1	0,9	12	8,3	17	5,7
Ангиографический кабинет	2	1,4	–	–	–	–	–	–
Операционные ЦОБ (с предоперационными)	29	20	38	32,8	16	11,0	124	41,3
Другие режимные кабинеты	2	1,4	2	1,7	12	8,3	4	1,3
Всего	145	100	116	100	145	100	300	100

Таблица 3

Частота нестандартных проб по видам помещений, выявленных в ходе микробиологического контроля микробной обсемененности объектов внешней среды по эпидемическим показаниям

Вид помещений	Частота нестандартных проб							
	2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Перевязочные	11	33,3	1	5,9	2	6,7	–	–
Процедурные	–	–	–	–	4	13,3	–	–
Манипуляционные	–	–	–	–	5	16,7	–	–
Палаты ОИТР и реанимационный зал	22	66,7	–	–	–	–	50	100
Раздаточные	–	–	16	94,1	4	13,3	–	–
Другие помещения	–	–	–	–	15	50	–	–
Всего	33	100	17	100	30	100	50	100

за пациентами и оборудования, подлежащего дезинфекции и стерилизации, предложенную Erle Spaulding [4], согласно которой выделяются три категории предметов ухода за пациентами: «критические», «полукритические», «некритические». «Критические» предметы – в случае контаминации их любыми микроорганизмами, в том числе спорами бактерий, обуславливают высокую степень риска заражения пациентов, то есть это инструменты и другие объекты, проникающие в стерильные ткани и сосуды (хирургические инструменты, сердечные катетеры, катетеры мочевых путей, имплантаты, иглы и т.п.). Требуется стерилизация.

«Полукритические» предметы – предметы, контактирующие со слизистыми оболочками или поврежденной кожей. В эту категорию входят оборудование для ингаляций и анестезии, эндоскопы и термометры. Требуется как минимум дезинфекция высокого уровня.

«Некритические» предметы – это предметы, контактирующие с неповрежденной кожей, но не со слизистыми оболочками. В эту категорию входят подкладные судна, манжеты аппаратов для измерения давления крови, костыли, перильца кроватей, белье, посуда, прикроватные тумбочки и некоторые виды больничной мебели. Не представляют большой опасности с точки зрения переноса инфекций, однако могут быть источником за счет вторичной трансмиссии за счет обсеменения рук сотрудников больницы и при контакте с медицинским оборудованием, которое затем будет использовано при работе с пациентами. Требуется дезинфекция низкого уровня [4].

Нестандартных проб с «критических» предметов «режимных кабинетов» в 2010–2013 гг. в рамках производственного микробиологического контроля с объектов больничной среды не было. Рост условно-патогенной микрофлоры

с «полукритических» предметов наблюдался во все годы анализируемого периода, за исключением 2011 г.

Наибольшая частота нестандартных проб среди категории «полукритических» предметов получена с эндоскопов: от 1,7 % в 2010 г. до 10,1 % в 2013 г., и с расходных материалов и приспособлений для проведения ИВЛ (в том числе ручной) – от 1,7 % в 2010 г. до 11,4 % в 2013 г.

Наибольшая частота нестандартных проб среди категории «некритических» предметов выявлена среди следующих групп объектов: медицинская мебель для хранения и транспортировки стерильных материалов и лекарственных средств – от 5,1 % в 2011 г. до 23,3 % в 2012 г.; медицинская мебель для хранения расходных материалов и лекарственных средств – от 2,6 % в 2010 г. до 20,5 % в 2012 г.; медицинская мебель для подготовки к медицинским манипуляциям – от 12,7 % в 2013 г. до 37,1 % в 2010 г.; мебель для фиксации тела пациента при проведении манипуляций – от 9,3 % в 2013 г. до 15,5 % в 2010 г.; средства для гигиенической обработки рук медперсонала (жидкое мыло) – от 5,7 % в 2012 г. до 12,4 % в 2013 г.

Нестандартных проб с «критических» предметов в «режимных кабинетах» в 2010–2013 гг. по эпидемическим показаниям не обнаружено (табл. 4).

Частота нестандартных проб с условно-патогенной микрофлорой по эпидемическим показаниям в 2013 г. с категории «полукритических» предметов составила с эндоскопов – 20 %, с приспособлений для проведения ручной ИВЛ – 6 %. Наибольшая частота нестандартных проб среди категории «некритических» предметов выявлена среди следующих групп объектов: медицинская мебель для хранения и транспортировки стерильных материалов и ле-

Таблица 4

Частота нестандартных проб, выявленных в ходе внепланового микробиологического контроля микробной обсемененности объектов внешней среды в «режимных кабинетах» по категориям предметов

Категория предметов	Группа предметов и объектов	Частота нестандартных проб за							
		2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Критические предметы	Медицинский инструментарий	1	3,0	–	–	–	–	–	–
Полукритические предметы	Эндоскопы	–	–	–	–	–	–	10	20
	Приспособления для проведения ИВЛ (ручной)	–	–	–	–	–	–	3	6
Некритические предметы	Медицинская мебель для хранения и транспортировки стерильных материалов и лекарственных средств	12	36,4	1	5,9	–	–	5	10
	Осветительные приборы	1	3,0	–	–	–	–	–	–
	Медицинская мебель для подготовки к манипуляциям	2	6,0	–	–	–	–	4	8
	Спецодежда, мягкий инвентарь медперсонала	1		–	–	1	3,3	–	–
	Сантехоборудование	6	3,0	–	–	–	–	–	–
	Мебель для палат	–	–	–	–	–	–	–	–
	Мебель и оборудование раздаточных	–	–	16	94,1	2	6,7	–	–
	Средства для гигиенической обработки рук медперсонала (жидкое мыло)	–	–	–	–	27	90	2	4
	Оборудование для обработки рук медперсонала	–	–	–	–	–	–	2	4
	Руки медперсонала перед проведением манипуляций	1	3,0	–	–	–	–	2	4
	Поверхности оборудования для в/в инфузий (инфузоматы)	–	–	–	–	–	–	7	14
	Мебель для хранения и транспортировки чистого белья для пациентов	–	–	–	–	–	–	4	8
	Предметы ухода за пациентом	–	–	–	–	–	–	8	16
	Поверхности оборудования в палатах (ОРИТ)	2	6,0	–	–	–	–	3	6
	Осветительное оборудование	2	6,0	–	–	–	–	–	–
	Поверхности в помещениях, облучатели	2	6,0	–	–	–	–	–	–
	Мягкий инвентарь для пациентов	3	9,1						
Всего		33	100	17	100	30	100	50	100

карственных средств – от 5,9 % в 2011 г. до 36,4 % в 2012 г.; средства для гигиенической обработки рук медперсонала (жидкое мыло) – от 4 % в 2012 г. до 90 % в 2013 г.; поверхности оборудования для внутривенных инфузий – 14 % в 2013 г.

Нестандартных проб с «критических» предметов в операционных залах в 2010–2013 гг. в рамках производственного микробиологического контроля с объектов больничной среды не было. Рост условно-патогенной микрофлоры с «полукритических» предметов наблюдался во все годы анализируемого периода с расходных материалов для проведения ИВЛ (табл. 5).

Наибольшая частота нестандартных проб среди категории «некритических» предметов выявлена среди следующих групп объектов: поверхности оборудования для проведения опе-

ративных вмешательств – от 10,5 % в 2011 г. до 18,5 % в 2012 г.; поверхности наркозных аппаратов – до 19,8 % в 2013 г.; мебель для стерильного материала медсестер – от 6,9 % в 2010 г. до 26,1 % в 2013 г.

Заболеваемость гнойно-септическими инфекциями (ГСИ), в том числе пневмониями, в онкологическом центре по данным официальной регистрации в отделениях всех профилей онкологического центра в 2013 г. составила 6,09 на 1000 пациентов, при этом преимущественно регистрировались инфекции области хирургического вмешательства органа/полости (ИОХВ органа/полости) – заболеваемость 3,21 на 1000 пациентов, поверхностные хирургические раневые инфекции – 1,05 на 1000 пациентов, пневмонии – заболеваемость 1,42 на 1000 пациентов. ГСИ регистрировались преимущественно

Таблица 5

Частота нестандартных проб, выявленных в ходе планового микробиологического контроля
микробной обсемененности объектов внешней среды в операционных залах
и предоперационных «по категориям предметов»

Тип предметов	Группа предметов и объектов	2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Полукритические предметы	Расходные материалы для проведения ИВЛ	7	24,1	3	7,9	5	31,3	5	4,5
Некритические предметы	Поверхности в помещении, бактерицидные облучатели	2	6,9	2	5,3	0	0	5	4,5
	Поверхности оборудования для проведения оперативных вмешательств	4	13,8	4	10,5	3	18,7	15	13,5
	Средства для транспортировки стерильных материалов и лекарственных средств	1	3,4	5	13,2	2	12,5	1	0,9
	Мебель для фиксации тела пациента при проведении оперативного вмешательства	3	10,3	5	13,2	2	12,5	10	9,0
	Мебель для операционной анестези-сток	7	24,1	4	10,5	2	12,5	18	16,2
	Мебель для стерильного материала медсестер	2	6,9	9	23,7	2	12,5	29	26,1
	Поверхности наркозных аппаратов	1	3,4	5	13,2	0	0	22	19,8
	Осветительные приборы	2	6,9	1	2,6	0	0	4	3,6
	Средства для медицинских отходов	0	0	0	9	0	0	1	0,9
Всего нестандартных смывов		29	100	38	100	16	100	111	100

в отделениях хирургического профиля, в которых в 2013 г. заболеваемость ИОХВ органа/полости составила 3,45 на 1000 пациентов, ПХРИ – 1,13 на 1000 пациентов, пневмонии – 1,42 на 1000.

По данным оперативного эпидемиологического анализа в центре в первом квартале наблюдалась неустойчивая эпидемическая ситуация по инфекциям области органно-полостных хирургических вмешательств (заболеваемость 2,5, 3,6, 4,1 на 1000 пациентов в январе – марте соответственно) и пневмониями (заболеваемость 6,9, 5,3 на 1000 пациентов в январе – марте соответственно).

Для установления связи ведущего возбудителя инфекций нижних дыхательных путей в отделении анестезиологии и реанимации в период проведения расследования одного из эпидемиологических случаев и определения вероятных факторов передачи инфекции нами проведен анализ 10 штаммов микроорганизмов, полученных в результате микробиологических исследований промывных вод бронхов от 8 пациентов, и 50 штаммов микроорганизмов, изолированных в результате микробиологических исследований смывов с объектов внешней среды по эпидемическим показаниям.

Всего было выделено и идентифицировано из промывных вод пациентов 3 различных рода

и вида микроорганизмов, однако 90 % положительных высевок приходилось на двух ведущих возбудителей: *Acinetobacter baumannii* и *Burkholderia cepacia*.

Из смывов с объектов внешней среды, взятых по эпидемическим показаниям, было выделено и идентифицировано 6 различных родов и видов микроорганизмов, из них 9 штаммов *B. cepacia* – с различных частей бронхоскопов (внутренних поверхностей клапанов, осветителя, оптики, наружных поверхностей оборудования), каналов и внутренних поверхностей мешков для проведения ручной вентиляции легких, 4 штамма *A. baumannii* – с каналов и внутренних поверхностей мешков для проведения ручной вентиляции легких, наружных поверхностей дыхательных контуров аппарата для искусственной вентиляции легких, трубок отсосов.

Оценка антибиотикочувствительности ведущих патогенов проводилась к широкому спектру антибиотиков. В данной работе мы приводим наиболее значимые из них в связи с проблемами нарастающей резистентности. Так, доля резистентных штаммов *A. baumannii*, выделенных от пациентов из промывных вод бронхов, составила к амикацину 100 %, ампициллину/клавуланату – 100 %, к цефазолину – 100 %, к цефепиму – 100 %, имипенему – 100 %. Доля чувствительных штаммов *A. baumannii* к гентамицину – 100 %.

Частота резистентных штаммов *A. baumannii*, выделенных с объектов внешней среды, к амикацину – 100 %, ампициллину/клавуланату – 100 %, к цефазолину – 100 %, к цефепиму – 100 %, имипенему – 100 %. Доля чувствительных штаммов *A. baumannii* к гентамицину – 100 %.

Доля резистентных штаммов *B. ceracia*, выделенных от пациентов из промывных вод бронхов, составила к амикацину – 100 %, ампициллину/клавуланату – 100 %, к цефазолину – 100 %, к цефепиму – 100 %, имипенему – 100 %, гентамицину – 100 %.

Частота резистентных штаммов *B. ceracia*, выделенных с объектов внешней среды отделения анестезиологии и реанимации, составила к амикацину – 100 %, ампициллину/клавуланату – 100 %, к цефазолину – 100 %, к цефепиму – 100 %, имипенему – 100 %, гентамицину – 100 %.

Выводы:

1. Заболеваемость ГСИ, в том числе пневмониями, в онкологическом центре по отделениям всех профилей в 2013 г. составила 6,09 % с преобладанием инфекций области хирургического вмешательства органа/ полости – 3,21 %, поверхностных хирургических раневых инфекций – 1,05 %, пневмоний – 1,42 % на 1000 пациентов.

2. Частота проб с условно-патогенной и патогенной микрофлорой по эпидемическим показаниям превышала в несколько раз долю нестандартных проб при исследовании объектов внешней среды в ходе производственного контроля.

3. Наибольшая частота нестандартных проб в рамках производственного контроля выявлялась в операционных залах и перевязочных

кабинетах хирургических отделений, а по эпидемическим показаниям – в палатах анестезиологии и реанимации и перевязочных кабинетах.

4. Отмечается рост частоты проб с условно-патогенной и патогенной микрофлорой как в рамках производственного контроля, так и по эпидемическим показаниям с объектов больницы, требующих как минимум дезинфекции высокого уровня.

5. При оценке антибиотикорезистентности приоритетных патогенов, выявленных при проведении эпидемиологического расследования инфекций нижних дыхательных путей у пациентов, находившихся на лечении в отделении анестезиологии и реанимации, установлено, что штаммы *Acinetobacter baumannii* и *Burkholderia ceracia* являются панрезистентными.

6. Проведение микробиологических исследований объектов внешней среды по эпидемическим показаниям с определением профилей резистентности выделенных микроорганизмов к антибиотикам позволяет оперативно выявлять факторы передачи и источники инфекции в стационаре.

Таким образом, изучение нарушений правил больничной гигиены как фактора, влияющего на развитие и распространение инфекционных заболеваний в стационарах, проводится с целью изучения влияния различных факторов внутрибольничной среды на формирование инфекционных заболеваний и разработки комплекса профилактических мероприятий. Главным элементом повышения безопасности пациентов является снижение риска внутрибольничных инфекций за счет улучшения больничной гигиены.

Список литературы

1. Внутрибольничные инфекции: Prevention and Control of Nosocomial Infections / под ред. Ричард. П. Венцель. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2004. – 840 с.
2. Нозокомиальные инфекции в онкологической клинике: современное состояние проблемы / А.А. Соколов, С.Д. Митрохин, В.И. Минаев, А.Н. Махсон // Российский онкологический журнал. – 2007. – № 1. – С. 29–37.
3. Оценка потенциального риска возникновения внутрибольничных инфекций и алгоритм проведения микробиологического мониторинга в учреждениях родовспоможения / утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 24.12.2010 г.; О.В. Тонко, Н.Д. Коломиец, О.Н. Ханенко, Н.Д. Шмелева, А.В. Гойлова, Е.Г. Фисенко, Н.Н. Левшина, Е.Б. Варивода, А.И. Бич, Н.Г. Илькевич, И.А. Ляховская, Е.И. Никонович. – Минск: БелМАПО, 2011. – 37 с.
4. Alvarado C.J. Revisiting the Spaulding classification scheme // Chemical Germicides in Healthcare. William A. Rutala ed. – Washington, DC: APIC. – 1994. – P. 203–208.
5. CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) / Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Committee (HICPAC) // Morbidity and Mortality: Weekly Report. – 2006. – Vol. 52, № 10. – P. 1–42.
6. Conly J.M., Johnston B.L. Physical plant design and engineering controls to reduce hospital-acquired infections // Can. J. Infect. Dis. Med. Microbiol. – 2006. – Vol. 17, № 3. – P. 151–153.

7. Infections in the cancer patients. Diagnosis, prevention and treatment / S.C. Schimpff [et al.] // Principles and practice of Infectious Diseases. Churchill Livingstone. – New York, 1995. – P. 2666–2675.

8. Morrison J. Development of a resource model for infection prevention and control programs in acute, long term, and home care setting // Conference proceedings of the Infection Prevention and Control Alliance // Am. J. Infect. Control. – 2004. – Vol. 32. – P. 2–6.

References

1. Vnutribol'nichnye infekcii: Prevention and Control of Nosocomial Infections [Hospital-acquired infections: Prevention and Control of Nosocomial Infections]. Edit by Richard. P. Vencel'. 2th ed., pererab. i dop. Moscow, Medicina, 2004, 840 p.

2. Sokolov A.A., Mitrohin S.D., Minaev V.I., Mahson A.N. Nozokomial'nye infekcii v onkologicheskoy klinike: sovremennoe sostojanie problem [Nosocomial infections in oncologic clinic: modern state of problem]. *Rossijskij onkologicheskij zhurnal*, 2007, no 1, pp. 29–37.

3. Ocenka potencial'nogo riska vozniknovenija vnutribol'nichnyh infekcij i algoritm provedenija mikrobiologicheskogo monitoringa v uchrezhdenijah rodovspomozhenija [Assessment of potential risk of occurrence of hospital-acquired infections and algorithm for the conduction of microbiological monitoring at the labor induction institutions]. utv. M-vom zdravoohraneniya Resp. Belarus' 24.12.2010. Tonko O.V., Kolomiec N.D., Hanenko O.N., Shmeleva N.D., Gojlova A.V., Fisenko E.G., Levshina N.N., Varivoda E.B., Bich A.I., Il'kevich N.G., Ljahovskaja I.A., Nikonovich E.I.: BelMAPO. Minsk, 2011, 37 p.

4. Alvarado C.J. Revisiting the Spaulding classification scheme. *Chemical Germicides in Healthcare*. William A. Rutala ed. Washington, DC: APIC, 1994, pp. 203–208.

5. CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) / Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Committee (HICPAC). *Morbidity and Mortality: Weekly Report*, 2006, vol. 52, no 10, pp. 1–42.

6. Conly J.M. Physical plant design and engineering controls to reduce hospital-acquired infections. J.M. Conly, B.L. Johnston. *Can. J. Infect. Dis. Med. Microbiol.*, 2006, vol. 17, no 3, pp. 151–153.

7. Infections in the cancer patients. Diagnosis, prevention and treatment. S.C. Schimpff [et al.]. *Principles and practice of Infectious Diseases*. Churchill Livingstone. New York, 1995, pp. 2666–2675.

8. Morrison J. Development of a resource model for infection prevention and control programs in acute, long term, and home care setting. *Conference proceedings of the Infection Prevention and Control Alliance*. Am. J. Infect. Control, 2004, vol. 32, pp. 2–6.

ASSESSMENT OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT OF ONCOLOGIC IN-PATIENT DEPARTMENT AS THE FACTOR OF RISK FOR THE DEVELOPMENT OF INFECTIONS IN PATIENTS

O.V. Tonko, A.Yu. Loginova, N.D. Kolomiets

SEI “Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education”,
the Republic of Belarus, Minsk, 31, Minsky district, Lesnoy Township, 223040

We studied the frequency of non-standard swabs taken within the production microbiological control and under the epidemic indications at the oncologic in-patient department. The assessment of the impact of hospital environment factors on the infectious diseases formation is conducted. It was detected that the frequency of samples with potentially pathogenic and pathogenic micro flora under the epidemic indications exceeded by several times the share of non-standard samples during the investigation of the external environment objects. The highest frequency of non-standard samples within the production control was detected in the operating rooms and dressing rooms of the departments of surgery, and under the epidemic indications – in the anesthesiology and resuscitation as well as dressing rooms. The mitigation of risk of hospital infections due to the hospital hygiene improvement is the main element for increasing the safety of patients.

Key words: internal hospital environment, oncologic in-patient department, production microbiological control, epidemic indications.

© Tonko O.V., Loginova A.Yu., Kolomiets N.D., 2015

Tonko Oksana Vladimirovna – candidate of medical science, associate professor, associate professor of the epidemiology and microbiology department (e-mail: oxana_tonko@tut.by; tel. +37529 33-41-813).

Loginova Anna Yuryevna – post-graduate student, senior teacher of the epidemiology and microbiology department (223040, Minsky district, Lesnoy Township, 31 (e-mail: hanna.login@tut.by; tel. +37525 75-88-470).

Kolomiets Natalia Dmitriyevna – doctor of medical science, professor, head of the epidemiology and microbiology department (223040, Minsky district, Lesnoy Township, 31 (e-mail: ndkolomiets@mail.ru; tel. 8029-35-43-904).

УДК 613.954.4

ОЦЕНКА РИСКА ФОРМИРОВАНИЯ НАРУШЕНИЙ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И СОМАТИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ С РАЗЛИЧНОЙ НАПОЛНЯЕМОСТЬЮ ГРУПП

О.Ю. Устинова^{1,2}, А.В. Алексеева¹, К.П. Лужецкий^{1,2}, О.А. Маклакова^{1,2},
Ю.А. Ивашова¹, В.Г. Макарова¹, О.А. Кобякова¹

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

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

Проведено исследование санитарно-гигиенических условий пребывания детей в дошкольных образовательных организациях с повышенным комплектованием групп. Установлено, что в «уплотненных» дошкольных образовательных организациях (30 детей в группе) площадь игровых помещений не соответствует требованиям СанПиН 2.4.1.3049–13; уровень акустического воздействия достигает 75–80 дБА; в воздухе игровых комнат присутствуют фенол и формальдегид в концентрациях, превышающих ПДК_{сс}, значительно повышается бактериальная обсемененность воздуха игровых помещений, в том числе условно-патогенной флорой. Повышенная комплектация групп увеличивает риск задержки психофизического развития детей, снижения адаптационного резерва сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной системы; повышает риск формирования системной полиорганной патологии, что в совокупности способствует повышенной заболеваемости детей аллергическими болезнями органов дыхания и кожи, хроническими воспалительными заболеваниями носоглотки, бактериальными кишечными и карантинными инфекциями, функциональными расстройствами нервной системы и контактными гельминтозами.

Ключевые слова: дошкольные образовательные организации, наполняемость групп, санитарно-гигиенические условия, психофизическое развитие и соматическое здоровье детей

Постановлением главного государственно-го санитарного врача РФ № 164 от 20.12.2010 г. утвержден СанПиН 2.4.1.2791–10 «Изменения № 1 к СанПиНу 2.4.1.2660–10 “Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы в дошкольных организациях”», который исключил понятие «предельная наполняемость группы» (СанПиН 2.4.1.2660–10: для детей 3–7 лет – 15–20 человек в группе) и зафиксировал положение о том, что количество детей в группах дошкольных образовательных организаций (ДОО)

определяется из расчета площади групповой (игровой) комнаты на 1 ребенка: не менее 2,5 м² – для ясельных групп и не менее 2,0 м² – для дошкольных групп. Внесение изменений в действовавший ранее СанПиН 2.4.1.2660–10 было обусловлено значительным дефицитом мест в ДОО РФ. Введение в практику СанПиНа 2.4.1.2791–10, а в последующем СанПиНа 2.4.1.3049–13 (№ 28564 от 29 мая 2013 г.) позволило существенно сократить очереди в ДОО, однако не решило полностью проблему доступности мест в детских садах и породило новую – пере-

© Устинова О.Ю., Алексеева А.В., Лужецкий К.П., Маклакова О.А., Ивашова Ю.А., Макарова В.Г., Кобякова О.А., 2015
Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по лечебной работе (e-mail: ustanova@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 236-32-64).

Алексеева Алла Вадимовна – математик отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: root@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 237-18-04).

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

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

Ивашова Юлия Анатольевна – заведующий отделением лучевой диагностики (e-mail: ivashova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92).

Макарова Венера Галимзяновна – врач аллерголог-иммунолог (e-mail: root@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 236-32-64).

Кобякова Ольга Алексеевна – кандидат медицинских наук, заведующий приемным отделением (e-mail: kobyakova@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 237-25-34).

полненность дошкольных организаций. В 2013 г. из 56,4 тыс. действующих ДОО 40 % были переполнены. В настоящее время средняя укомплектованность ДОО в РФ составляет 106,4 %. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в городских муниципальных детских садах, где наполняемость групп превышает допустимую на 40,2 %, а в ряде регионов данный показатель в 2–3 раза выше. Наибольшее число ДОО с переплотнением групп находятся в Республике Башкортостан (85,3 % учреждений), Ямало-Ненецком АО (77,9 %), Курганской области (63,8 %), Удмуртской Республике (61,7 %) и Томской области (53,4 %) [2, 10].

Результаты санитарно-гигиенических, эпидемиологических и клинических исследований, проведенных в РФ в период действия СанПиНа 2.4.1.2791–10 с изменениями № 1 и СанПиНа 2.4.1.3049–13, показали, что «уплотнение» ДОО привело к ухудшению санитарно-гигиенических условий в детских садах [4, 12], снижению показателей физического развития детей [6, 11, 12], увеличению их общей заболеваемости [1, 9, 13], уменьшению числа детей с первой группой здоровья и, как итог, – к более низким показателям результативности образовательного процесса [4, 5, 7, 8].

Несмотря на то что 04.04.2014 г. решением Верховного суда Российской Федерации (№ АКПИ14-281) п. 1.9 СанПиНа 2.4.1.3049–13 признан частично недействующим, проблема переполненности групп ДОО сохраняется, что требует проведения объективной оценки санитарно-гигиенической ситуации в группах с различной наполняемостью и ее влияния на здоровье детей.

Материалы и методы. Для объективной оценки влияния санитарно-гигиенической ситуации в группах с различной наполняемостью на показатели физического и нервно-психического развития детей в возрасте 3–7 лет, а также уровень их соматического здоровья было проведено углубленное клинико-лабораторное обследование воспитанников двух типовых ДОО. Средняя наполняемость групп ДОО № 1 составляла $29,3 \pm 2,0$ ребенка (ДОО наблюдения; общее количество обследованных – 77); в ДОО № 2 – $22,0 \pm 3,0$ ребенка (ДОО сравнения; число обследованных – 107). В группе наблюдения 19,5 % воспитанников младшей группы (3–4 года), 28,5 % – средней (4–5 лет), 32,5 % – старшей (5–6 лет) и 19,5 % – подготовительной (6–7 лет). В группе сравнения 20,6 % обследованных посещали младшую группу ($p=0,85$ к группе

сравнения), 27,1 % – среднюю ($p=0,83$), 29,9 % – старшую ($p=0,71$) и 22,4 % – подготовительную группу ($p=0,64$). Гендерный состав обследованных детей как в целом ($p=0,87–0,98$), так и в отдельных возрастных группах ($p=0,63–0,99$) не имел статистически значимых различий.

Клинико-лабораторное обследование детей проводилось с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации (1975 г. с доп. 1983 г.), и в соответствии с Национальным стандартом РФ ГОСТ-Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP) и методическими рекомендациями Госкомсанэпиднадзора РФ [8].

В ходе исследования использованы санитарно-гигиенические (оценка уровня загрязнения воздуха игровых помещений ДОО и атмосферного воздуха органическими веществами промышленного происхождения, исследование интенсивности акустического воздействия, параметров микроклимата, бактериального загрязнения воздуха игровых), химико-аналитические (определение содержания фенола и формальдегида в атмосферном воздухе и воздухе игровых помещений ДОО), эпидемиологические (ретроспективный анализ заболеваемости детей, посещающих исследуемые ДОО), клинические, функциональные (спирография, ринометрия, кардиоинтервалография) и инструментальные методы (ультразвуковое сканирование органов брюшной полости) обследования и медико-социальное анкетирование. Все исследования осуществлялись по стандартным унифицированным методикам. Информация проанализирована с помощью статистических методов (Statistica 6.0). Для сравнения групп по количественным признакам использовали двухвыборочный критерий Стьюдента. Оценку зависимостей между признаками проводили методами однофакторного дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа.

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ актов плановых проверок исследуемых ДОО территориальным органом Роспотребнадзора показал, что по условиям размещения, оборудованию, содержанию территорий, характеристике зданий, уровню искусственного и естественного освещения, воздушно-тепловому режиму, водоснабжению и канализации, медицинскому обслуживанию, режиму дня, организации питания и воспитательно-образовательного процесса оба детских сада соответствуют требованиям СанПиНа 2.4.1.3049–13 и не имеют значимых различий ($p=0,89–0,15$). Кроме

того, проведенные социологические исследования позволили установить, что по материальному положению, социально-бытовым условиям, медицинским характеристикам (наследственность, хронические заболевания у родителей и т.д.) семьи детей, посещающих исследуемые ДОО, были сопоставимы между собой ($p=0,89-0,62$).

В то же время в ходе химико-аналитического исследования качества воздуха игровых помещений установлено, что среднесуточные концентрации формальдегида ($0,0215 \pm 0,0043$ мг/м³) и фенола ($0,0138 \pm 0,0034$ мг/м³) в воздухе ДОО наблюдения в 1,5–2,0 раза превышали аналогичные показатели ДОО сравнения ($0,0142 \pm \pm 0,0028$ и $0,0070 \pm 0,0017$ мг/м³ соответственно; $p \leq 0,0001$). Следует отметить, что результаты проведенного параллельно анализа качества атмосферного воздуха на территориях расположения исследуемых ДОО позволили установить, что среднесуточные концентрации формальдегида ($0,002-0,003$ мг/м³) и фенола ($\leq 0,004$ мг/м³) были близки между собой и в обоих случаях соответствовали гигиеническим нормативам (формальдегид – ПДК_{сс} = $0,01$ мг/м³, $p \leq 0,001$; фенол – ПДК_{сс} = $0,003$ мг/м³, $p \leq 0,05$). Результаты корреляционно-регрессионного анализа показали, что содержание формальдегида и фенола в воздухе игровых помещений не зависело от их концентрации в атмосферном воздухе ($R^2=0,12-0,16$; $p=0,72-0,84$). Анализируя возможные источники поступления данных химических веществ в воздух игровых помещений ДОО, следует отметить, что согласно многочисленным исследованиям, материалы, используемые для строительства зданий и отделки внутренних помещений, а также мебель могут являться источниками поступления в окружающую среду ряда токсичных примесей, в том числе формальдегида и фенола [3, 13, 14].

Результаты натурных измерений уровня акустического воздействия на детей в игровых помещениях показали, что в ДОО наблюдения величина эквивалентного и максимального шума во время игровых занятий достигала 77,8–78,5 дБА, что достоверно превышало аналогичные показатели в ДОО сравнения (63,0–65,8 дБА, $p=0,036-0,001$). При проведении хронометража режима дня установлено, что длительность игровых занятий детей в обоих детских садах составляет в течение дня от 3,5 до 4,0 ч ($p=0,73$).

Изучение бактериальной обсемененности воздуха игровых помещений как санитарного

показателя состояния воздушной среды групповых ячеек показало, что уже в $10^{00}-11^{00}$ ч общее микробное число в ДОО наблюдения достигало $1360,91 \pm 550,49$ КОЕ/м³ (против $1151,67 \pm 688,76$ КОЕ/м³ в ДОО сравнения, $p=0,61$), при этом в 30 % проб присутствовала условно-патогенная флора (*St. aureus*) с микробным числом 4–20 КОЕ/м³ (в ДОО сравнения *St. aureus* отсутствовал, $p=0,04$). Установлена прямая корреляционная связь между общим микробным числом бактериальной обсемененности воздуха помещений групповых ячеек и присутствием в воздухе условно-патогенной флоры (*St. aureus*) ($R^2=0,69$; $p=0,001$).

Показатели микроклимата (температурный режим и относительная влажность воздуха) обоих исследуемых ДОО соответствовали гигиеническим нормативам, регламентированным СанПиН 2.4.1.3049–13, и не отличались между собой ($p=0,81-0,96$).

На основании результатов ретроспективного (2010–2013 гг.) сравнительного анализа данных по обращаемости за медицинской помощью установлено, что дети, посещающие ДОО наблюдения, в 1,2–3,6 раза чаще болели бронхиальной астмой, бактериальными кишечными и карантинными (ветряная оспа, скарлатина) инфекциями, хроническими воспалительными болезнями носоглотки и миндалин, энтеробиозом ($p=0,0016-0,05$), а случаи неуточненных форм аллергических реакций, аллергического конъюнктивита, вирусных бородавок, стоматитов, аденовирусного конъюнктивита были зарегистрированы только у детей, посещающих ДОО с высокой наполняемостью групп. Следует отметить, что в ДОО наблюдения показатель заболеваемости детей атопическим дерматитом превышал среднероссийский в 5,6 раза (9911,0 против 1778,4 случая на 100 000 детей), хроническими болезнями миндалин и аденоидов – в 2,9 раза (4310,0 против 1480,0), острым средним серозным отитом – в 3,6 раза (10350,1 против 2911,0). Установлена прямая корреляционная связь между заболеваемостью детей аллергическими болезнями органов дыхания ($R^2=0,39$; $p \leq 0,0001$), герпетической инфекцией слизистых и другими формами стоматитов ($R^2=0,32$; $p=0,015$), атопическим дерматитом ($R^2=0,87$; $p=0,005$), функциональными кишечными расстройствами и диспепсиями ($R^2=0,74-0,84$; $p=0,009-0,035$), острым средним серозным отитом ($R^2=0,89$; $p=0,003$), острым конъюнктивитом ($R^2=0,79$; $p=0,018$) и наполняемостью групп.

Сравнительный анализ результатов соматометрических исследований показал, что у детей ДОО наблюдения относительный риск нарушений темпов роста и годовой прибавки массы тела, дисгармоничности развития и дефицита массы в 1,5–2,2 раза выше, чем у детей ДОО сравнения ($OR=1,54-2,24$; $DI=1,13-3,01$; $p=0,02-0,03$). Установлена прямая корреляционная связь между показателем наполняемости групп и числом детей с дисгармоничным физическим развитием ($R^2=0,25-0,38$; $p=0,02-0,0001$). Кроме того, по результатам оценки состояния зубной формулы было установлено, что относительный риск нарушений биологической зрелости у детей, посещающих группы с высокой наполняемостью, в 1,5 раза выше, чем таковой у детей ДОО сравнения ($OR=1,51$; $DI=1,11-1,96$; $p=0,01$).

При проведении функционального исследования состояния сердечно-сосудистой системы было установлено, что среднегрупповое значение систолического и диастолического артериального давления во всех анализируемых возрастных группах не имело достоверных различий между собой ($p=0,16-0,81$) и соответствовало физиологической возрастной норме ($p=0,38-0,92$). В то же время относительный риск развития эпизодической артериальной гипертензии у детей ДОО наблюдения был в 10 раз выше, чем в ДОО сравнения ($OR=10,11$; $DI=4,23-18,81$; $p=0,01$). Исследование среднего гемодинамического артериального давления как интегрального показателя, отражающего состояние постнагрузки на миокард левого желудочка, показало наличие у детей ДОО на-

блюдения тенденции к более высоким значениям, достигающим степени статистической значимости ($p=0,04$) в старших возрастных группах (табл. 1). Следует отметить, что в ДОО сравнения только 4,8 % воспитанников имели среднее гемодинамическое артериальное давление выше 85 мм рт. ст., в то время как в ДОО наблюдения количество таких детей достигало 19,2 % ($p=0,002$). Относительный риск нарушений регуляции сосудистого тонуса у детей ДОО наблюдения был в 4,0 раза выше, чем в ДОО сравнения ($DI=2,11-7,41$; $p=0,01$). Среднегрупповые показатели частоты сердечных сокращений у детей различных возрастных групп исследуемых детских садов соответствовали возрастным нормам ($p=0,58-0,99$), однако в ДОО наблюдения у детей старшего возраста они были достоверно выше ($97,8\pm 4,7$ уд. в мин) показателей аналогичной возрастной группы ДОО сравнения ($88,0\pm 4,0$ уд. в мин, $p=0,008$). Установлена прямая корреляционная связь между наполняемостью групп и повышением у детей числа сердечных сокращений ($R^2=0,36$; $p=0,03$).

Коэффициент выносливости (тренированности) сердечно-сосудистой системы к нагрузкам во всех возрастных группах исследуемых ДОО не имел достоверных различий между собой ($p=0,41-0,61$), однако в старших и подготовительных группах достоверно превышал физиологическую норму ($p=0,0001-0,02$), что свидетельствует о недостаточном развитии функциональных резервов сердечно-сосудистой системы современных дошкольников (табл. 2). В то же время в ДОО наблюдения ста-

Таблица 1

Показатели среднего гемодинамического давления у обследованных детей (мм рт. ст.)

Группа	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
Младшая	65,45 \pm 3,91	70,49 \pm 6,50	0,17
Средняя	71,81 \pm 3,17	71,84 \pm 5,13	0,99
Старшая	67,47 \pm 3,56	73,89 \pm 5,35	0,04
Подготовительная	68,85 \pm 2,24	75,02 \pm 3,52	0,04

Таблица 2

Коэффициент выносливости (тренированности) сердечно-сосудистой системы у обследованных детей (усл. ед.)

Группа	ДОО		Возрастная норма	Достоверность различий	
	сравнения	наблюдения		между группами	групповых показателей с нормой
Младшая	30,76 \pm 2,49	31,67 \pm 2,45	30	0,61	0,53–0,20
Средняя	30,69 \pm 2,12	31,93 \pm 2,44	29	0,45	0,12– 0,01
Старшая	31,06 \pm 2,93	29,41 \pm 2,72	25	0,41	0,0001–0,0019
Подготовительная	29,66 \pm 1,67	28,32 \pm 5,64	23	0,60	0,001–0,02

тистически достоверное отставание функциональной зрелости сердечно-сосудистой системы от физиологического уровня имело место уже у детей 4–5-летнего возраста (средняя группа) ($p=0,01$), в то время как в ДОО сравнения достоверные различия с нормативом установлены у детей старше 5 лет (старшая группа) ($p=0,0001$) (табл. 2). В целом относительный риск нарушений темпов развития функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы (адаптационного резерва) у детей ДОО наблюдения был в 1,4 раза выше ($DI=1,11–2,07$; $p=0,03$).

Результаты расчета среднегрупповых показателей систолического (ударного) объема сердца у обследованных детей показали, что их значения в соответствующих возрастных группах не имели достоверных различий ($p=0,08–0,71$) между собой и не отличались от возрастной нормы – 27,43–43,68 мл ($p=0,38–0,89$). Однако если в ДОО сравнения количество детей с показателем систолического объема сердца ниже физиологической нормы составляло только

2,9 %, то в ДОО наблюдения их количество достигало 16,4 % ($p=0,001$); относительный риск снижения ударного объема сердца у детей ДОО наблюдения более чем в 6 раз выше, чем в ДОО сравнения ($OR=6,67$; $DI=3,84–11,15$; $p=0,01$) (табл. 3).

В ходе исследования у всех детей был проведен расчет минутного объема крови (МОК). Среднегрупповые значения МОК во всех возрастных группах не имели достоверных различий ($p=0,08–0,71$), однако в младших и средних группах превышали физиологический норматив, что, скорее всего, является отражением процессов адаптации детей младшего возраста к пребыванию в организованном коллективе (табл. 4). В то же время в ДОО сравнения воспитанников с показателем МОК ниже допустимых значений было только 3,9 %, в то время как в ДОО наблюдения – 8,2 % ($p=0,22$); относительный риск снижения показателя МОК у детей ДОО наблюдения был более чем в 2 раза выше, чем у таковой в ДОО сравнения ($OR=2,25$; $DI=1,28–3,93$; $p=0,03$).

Таблица 3

Показатели систолического (ударного) объема сердца у обследованных детей (мл)

Группа	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
Младшая	39,24±2,84	35,80±3,23	0,08
Средняя	37,04±2,37	35,30±3,66	0,41
Старшая	39,61±2,36	40,38±3,44	0,71
Подготовительная	42,39±1,57	40,42±11,25	0,64

Таблица 4

Показатели минутного объема крови у обследованных детей (л/мин)

Группа	ДОО		Физиологическая норма	Достоверность различий	
	сравнения	наблюдения		между группами	с физиологической нормой
Младшая	3,69±0,35	3,30±0,30	2,92±0,51	0,08	0,001
Средняя	3,34±0,21	3,45±0,36		0,58	0,001
Старшая	3,71±0,30	3,64±0,24	3,39±0,61	0,71	0,35–0,45
Подготовительная	3,72±0,20	3,44±0,87		0,40	0,31–0,88

В результате исследования состояния процессов возбудимости, проводимости и автоматизма миокарда было установлено, что отклонения от физиологической нормы зафиксированы более чем у половины детей ДОО наблюдения (55,9 %), в то время как в ДОО сравнения – только у 36,7 % ($p=0,02$) (табл. 5). Наиболее частым видом патологии в обеих группах являлись нарушения процессов возбудимости, установленные у 34,5 % детей ДОО сравнения и у 54,2 % детей ДОО наблюдения ($p=0,006$), при этом синусовая аритмия, свой-

ственная детям в возрасте 3–7 лет, фиксировалась с близкой частотой (26,7 против 30,5 %, $p=0,61$), в то время как синусовая тахикардия регистрировалась в 4 раза чаще у детей ДОО наблюдения (23,7 против 5,6 %, $p=0,001$). Установлена прямая корреляционная связь между наполняемостью групп и частотой регистрации у детей нарушений процессов возбудимости миокарда ($R^2=0,34$; $p=0,02$), а относительный риск их возникновения у детей ДОО наблюдения был в 2,5 раза выше ($OR=2,48$; $DI=1,17–4,21$; $p=0,01$).

Таблица 5

Состояния процессов возбудимости, проводимости и автоматизма миокарда
у обследованных детей (%)

Данные электрокардиографии	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
Норма	63,3	44,1	0,02
Отклонения от нормы	36,7	55,9	0,02
Синусовая тахикардия	5,6	23,7	0,001
Синусовая аритмия	26,7	30,5	0,61
Синусовая брадикардия	2,2	–	0,25
Неполная блокада правой ножки п. Гиса	2,2	1,7	0,83

Таблица 6

Показатели риноманометрии у обследованных детей (см³/с)

Показатель	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
exp_left	125,02±63,25	103,39±60,80	≤0,001
exp_rigth	153,43±33,32	90,02±40,45	≤0,001
insp_left	126,82±58,51	113,30±67,63	0,22
insp_rigth	124,21±30,81	101,27±48,08	0,011
summ_left	251,84±56,38	216,69±67,32	0,04
summ_rigth	277,64±42,06	191,29±46,39	≤0,001
summ_flow	529,48±51,32	407,98±56,73	≤0,001

Комплексная сравнительная оценка функционального состояния системы дыхания проводилась по результатам соматометрии, показателю экскурсии грудной клетки при глубоком вдохе и выдохе, данным риноманометрии и спирографии. В ходе соматометрических исследований было установлено, что у 56,5 % детей ДОО наблюдения окружность грудной клетки была меньше физиологической возрастной нормы, в то время как в ДОО сравнения таких детей было только 31,32 % ($p \leq 0,001$). Среднегрупповые показатели экскурсии грудной клетки не имели достоверных различий в аналогичных возрастных группах сравниваемых ДОО ($p=0,34-0,8$) и соответствовали «средним результатам». В то же время детей с низкой амплитудой экскурсии грудной клетки (менее 5 см) в ДОО сравнения было в 1,5 раза меньше, чем в ДОО наблюдения (21,7 против 31,76 % соответственно; $p=0,13$). Относительный риск нарушений развития дыхательной мускулатуры у детей ДОО наблюдения более чем в 1,5 раза превышал аналогичный в ДОО сравнения ($OR=1,64$; $DI=1,21-2,11$; $p=0,04$). Результаты риноманометрии показали, что суммарный воздушный поток у детей ДОО сравнения составлял $529,48 \pm 51,32$ см³/с, что не имело статистически значимых отличий от физиологической нормы (500–800 см³/с; $p=0,67$), но было достоверно выше аналогичного показателя у детей ДОО наблюдения ($407,98 \pm 56,73$ см³/с; $p \leq 0,001$).

Следует отметить, что у детей ДОО наблюдения не только суммарный воздушный поток, но и все объемные показатели правых и левых отделов носа (на вдохе и выдохе) были достоверно ниже аналогичных у детей ДОО сравнения ($p \leq 0,001-0,04$) (табл. 6). В целом нарушения носовой проходимости были установлены только у 8,7 % детей ДОО сравнения, в то время как в ДОО наблюдения таких детей было 43,8 % ($p \leq 0,001$). Относительный риск развития нарушений носового дыхания у посещающих ДОО с высоким наполнением групп более чем в 7 раз превышает аналогичный в ДОО сравнения ($OR=7,77$; $DI=2,41-13,88$; $p=0,02$).

Исследование функционального состояния нижних дыхательных путей методом спирографии не выявило существенных различий: более 80 % обследованных имели нормативный уровень показателей спирограммы ($p=0,88$); у 17,1 % детей ДОО наблюдения и у 16,1 % ДОО сравнения ($p=0,88$) установлены нарушения рестриктивного характера, которые имели легкую степень выраженности; обструктивных нарушений не зафиксировано ни у одного ребенка.

Сравнительная оценка функционального состояния вегетативной нервной системы была проведена по результатам кардиоинтервалографии: преобладающим типом исходного вегетативного тонуса у детей ДОО сравнения являлась эйтония (67,0 %), в то время как у детей ДОО наблюдения этот вариант имел место только

у 33,5 % ($p \leq 0,001$) (табл. 7). Ваготонический и симпатико-тонический варианты у детей ДОО сравнения встречались с одинаковой частотой – 11,5 %, а гиперсимпатико-тонический тип не был зарегистрирован ни у одного ребенка. В ДОО наблюдения ваготонический вариант исходного вегетативного тонуса встречался в 3 раза чаще (33,5 %, $p \leq 0,001$), а у 11,5 % детей был зарегистрирован гиперсимпатико-тонический вариант ($p \leq 0,001$) (табл. 7).

При проведении клиноортостатической пробы было установлено, что преобладающим типом вегетативной реактивности у детей ДОО сравнения являлся физиологический симпатико-тонический вариант, зарегистрированный у 83 %, в ДОО наблюдения он встречался в 1,7 раза реже (50 %, $p \leq 0,001$) (табл. 8). В то же время у детей ДОО наблюдения в 2,9 раза чаще регистрировался гиперсимпатико-тонический вариант вегетативной реактивности (50 против 17 %, $p \leq 0,001$), который обеспечивается высоким тонусом гуморально-метаболических влияний и тем самым представляет собой энергетически невыгодный для организма механизм регуляции. Относительный риск развития гиперсимпатико-тонического варианта вегетативной реактивности у детей ДОО наблюдения был

в 5 раз выше, чем в ДОО сравнения ($OR=5,0$; $DI=2,81-9,11$; $p=0,03$). Асимпатико-тонического типа вегетативной реактивности, при котором отсутствует ожидаемое напряжение адаптационно-компенсаторных механизмов, у обследованных детей обоих детских садов не зарегистрировано.

Результаты сравнительной оценки зрелости когнитивных функций показали, что по уровню развития функции восприятия, пространственного праксиса и кинестетической организации движений принципиальных отличий между детьми исследуемых ДОО не установлено ($p=0,21-0,4$), однако следует отметить, что уровень развития пространственного праксиса и кинестетической организации движений у детей обоих исследуемых ДОО был достоверно ниже физиологической нормы ($p=0,001-0,038$) (табл. 9).

Анализ результатов оценки функции внимания показал, что среднегрупповой оценочный балл у детей ДОО сравнения соответствовал физиологической норме (6–8 баллов) и составлял $6,07 \pm 0,64$ балла ($p=0,4$), в то время как в ДОО наблюдения не превышал $4,12 \pm 1,22$ балла и был достоверно ниже физиологической нормы ($p=0,012$) (табл. 9). Сравнительный анализ

Таблица 7

Состояние исходного вегетативного тонуса у обследованных детей (%)

Показатель	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
Ваготония	11,5	33,5	$\leq 0,001$
Эйтония	67	33,5	$\leq 0,001$
Симпатикотония	11,5	11,5	1,0
Гиперсимпатикотония	0	11,5	$\leq 0,001$

Таблица 8

Типы вегетативной реактивности у обследованных детей (%)

Тип вегетативной реактивности	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
Асимпатико-тоническая	0	0	–
Симпатико-тоническая	83	50	$\leq 0,001$
Гиперсимпатико-тоническая	17	50	$\leq 0,001$

Таблица 9

Результаты оценки степени развития когнитивных функций у обследованных детей (баллы)

Оценка	ДОО		Достоверность различий между группами	Физиологическая норма	Достоверность различий с нормой
	сравнения	наблюдения			
Восприятия	$8,36 \pm 0,96$	$9,06 \pm 1,02$	0,3	6–8	0,9
Пространственного праксиса	$2,68 \pm 0,21$	$2,56 \pm 0,39$	0,4	0–1	$\leq 0,001$
Кинестетической организации движений	$1,86 \pm 0,52$	$2,25 \pm 0,36$	0,21	0–1	$0,038-0,001$
Внимания	$6,07 \pm 0,64$	$4,12 \pm 1,22$	$0,005$	6–8	$0,4-0,012$

количества детей с низким уровнем развития когнитивных функций показал, что от 12,5 до 37,5 % воспитанников исследуемых ДОО не справились с выполнением проб на пространственный праксис, кинестетическую организацию движений и восприятие ($p=0,7-0,97$), в то время как с пробой на оценку внимания число таких детей составляло от 36,4 % (ДОО сравнения) до 56,3 % (ДОО наблюдения, $p=0,02$) (табл. 10). Относительный риск задержки развития функции внимания у детей, посещающих ДОО с высоким наполнением групп, более чем в 1,5 раза превышал аналогичный в ДОО сравнения ($OR=1,67$; $DI=1,91-3,88$; $p=0,02$).

Сравнительная оценка соматического статуса детей исследуемых ДОО проведена по результатам клинического обследования детей педиатром, аллергологом, лор-врачом, гастроэнтерологом и неврологом, данным ультразвукового обследования органов желудочно-кишечного тракта.

Хронические заболевания органов дыхания выявлены у 17,3 % детей в ДОО сравнения

и у 28,8 % ДОО наблюдения ($p=0,07$) (табл. 11). Следует отметить, что относительный риск развития хронических воспалительно-пролиферативных процессов со стороны верхних дыхательных путей у детей в ДОО наблюдения был в 1,5 раза выше, чем в ДОО сравнения ($OR=1,47$; $DI=1,11-1,36$; $p=0,04$), а заболеваний аллергической природы (МКБ-10: J39.8, J45.0) – в 2,3 раза ($OR=2,25$; $DI=1,37-2,48$; $p=0,03$). Аллергические заболевания кожи (МКБ-10: L20.8) были диагностированы у 2,9 и 8,2 % детей соответственно ($p=0,11$) (см. табл. 11). В целом относительный риск развития аллергопатологии у детей ДОО наблюдения более чем в 2,5 раза превышал аналогичный в ДОО сравнения ($OR=2,52$; $DI=1,26-2,71$; $p=0,02$).

Наиболее значимые различия в структуре хронической патологии детей исследуемых детских образовательных организаций были установлены по классу «Болезни нервной системы»: в ДОО сравнения этот вид патологии диагностирован у 25,0 % посещающих, в то время

Таблица 10

Число детей с низким уровнем развития когнитивных функций (%)

Оценка	ДОО сравнения	ДОО наблюдения	Достоверность различий между группами
Восприятия	13,7	12,5	0,7
Пространственного праксиса	31,8	31,3	0,97
Кинестетической организации движений	36,4	37,5	0,95
Внимания	36,4	56,3	0,02

Таблица 11

Частота регистрации хронических заболеваний у обследованных детей (%)

Группа заболеваний	Нозологические формы	ДОО		Достоверность различий между группами
		сравнения	наблюдения	
Заболевания органов дыхания (J00-99)		17,3	28,8	0,07
	Гипертрофия небных миндалин, аденоидиты (J35.1)	9,6	13,7	0,40
	Респираторный аллергоз (J39.8)	7,7	13,7	0,19
	Бронхиальная астма (J 45.0)	0	1,4	0,23
	Атопический дерматит (L20.8)	2,9	8,2	0,11
Заболевания нервной системы (G00-99)		25,0	53,4	≤0,001
	Энурез (F98)	6,7	12,3	0,20
	Астеноневротический синдром (G93.8)	6,7	17,8	0,02
	Синдром гиперактивности с дефицитом внимания (F90)	1,0	6,9	0,3
	Астеновегетативный синдром (G90.8)	9,6	13,7	0,4
	Задержка нервно-психического развития (F88)	1,0	2,7	0,4
Заболевания желудочно-кишечного тракта (K00-93)		68,3	61,6	0,36
	Билиарная дисфункция (K83.8)	12,5	15,1	0,62
	Хронический гастродуоденит (K29.9)	1,9	1,0	0,63
	Синдром диспепсии (K30.0)	53,9	45,2	0,25

Таблица 12

Результаты ультразвукового исследования органов желудочно-кишечного тракта
у обследованных детей (%)

Результаты	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
Ультразвуковая норма печени	43	29	0,05
Увеличение линейных размеров	57	71	0,05
Нормальная эхоструктура	71	43	≤0,001
Измененная эхоструктура	29	57	≤0,001
– диффузные изменения печени	29	43	0,05
– реактивные изменения	0	14	≤0,001
Ультразвуковая норма желчного пузыря	0	14	≤0,001
Признаки дисхолии	29	86	≤0,001
Ультразвуковая норма поджелудочной железы	29	29	1,0
Реактивные изменения поджелудочной железы	57	71	0,008

Таблица 13

Распределение обследованных детей по группам здоровья (%)

Группа здоровья	ДОО		Достоверность различий между группами
	сравнения	наблюдения	
I	6,7	5,5	0,75
II	87,5	75,3	0,03
III	5,8	19,2	0,006

как в ДОО наблюдения – у 53,4 % ($p \leq 0,001$). Функциональные расстройства нервной системы (астеноневротический синдром (МКБ-10: G93.8), синдром гиперактивности с дефицитом внимания (МКБ-10: F90), астеновегетативный синдром (МКБ-10: G90.8)) были выявлены у 38,4 % детей в ДОО наблюдения и только у 17,3 % в ДОО сравнения ($p = 0,002$). Относительный риск развития функциональных расстройств нервной системы у детей ДОО наблюдения был в 3,0 раза выше ($OR = 2,97$; $DI = 1,49 - 4,96$; $p = 0,01$).

Заболевания желудочно-кишечного тракта (МКБ-10: K00-K93) встречались у детей исследуемых детских садов с близкой частотой – у 68,3–61,6 % ($p = 0,36$), при этом доминирующим вариантом патологии являлся синдром диспепсии (МКБ-10: K30.8), диагностированный у 53,9–61,6 % ($p = 0,36$).

Данные ультразвукового исследования органов брюшной полости показали, что у тех, кто посещал ДОО наблюдения, статистически достоверно чаще регистрировались увеличение линейных размеров печени, изменения ее эхоструктуры (диффузные или реактивные), признаки дисхолии и реактивные изменения поджелудочной железы ($p \leq 0,001 - 0,05$) (табл. 12).

Комплексная оценка соматического статуса позволила установить, что первую группу здоровья имели только 6,7 % детей ДОО сравнения и 5,5 % детей ДОО наблюдения ($p = 0,75$);

вторая группа достоверно чаще регистрировалась у детей ДОО сравнения (87,5 против 75,3 %, $p = 0,03$), а детей с системной полиорганной патологией (III группа здоровья) было достоверно больше в ДОО наблюдения (19,2 против 5,8 %, $p = 0,006$) (табл. 13).

В целом 94,2 % детей ДОО сравнения имели первую или вторую группу здоровья, в то время как в ДОО наблюдения таких было 80,8 %; относительный риск развития системной полиорганной патологии у детей ДОО исследования был в 4,0 раза выше, чем в ДОО сравнения ($OR = 3,85$; $DI = 2,17 - 6,11$; $p = 0,04$).

Выводы. Результаты проведенного исследования показали, что при комплектовании в типовых ДОО «уплотненных» групп (30 детей) значительно ухудшаются санитарно-гигиенические условия пребывания детей: показатель площади игрового помещения на 1 ребенка в 40 % случаев не соответствует требованиям СанПина 2.4.1.3049–13; уровень акустического воздействия во время игровых занятий достигает 75–80 дБА; в воздухе игровых комнат определяются фенол и формальдегид, концентрации которых в 2,2–4,6 раза превышают ПДК_{сс}, а общее микробное число в воздухе игровых достигает $1360,91 \pm 550,49$ КОЕ/м³, при этом в 30 % проб присутствует условно-патогенная флора (*St. aureus*) с микробным числом 4–20 КОЕ/м³.

Данные комплексного клинико-функционального обследования детей, посещающих «уплотненные» ДОО, свидетельствуют о том, что повышенная комплектация групп в 1,5–2,2 раза увеличивает риск формирования у детей нарушений физического развития и темпов биологической зрелости; в 4,0–6,6 раза – снижения адаптационного резерва сердечно-сосудистой системы; в 7 раз – нарушений функции верхних дыхательных путей; в 3 раза – развития функциональных расстройств нервной системы; в 4 раза – формирования системной полиорган-

ной патологии, что в совокупности способствует повышенной заболеваемости аллергическими заболеваниями органов дыхания и кожи, хроническими воспалительными болезнями носоглотки и миндалин, бактериальными кишечными и карантинными (ветряная оспа, скарлатина) инфекциями, функциональными расстройствами нервной системы, контактными гельминтозами. Полученные данные свидетельствуют о необходимости установления норматива оптимальной наполняемости групп типовых ДОО.

Список литературы

1. Вейних П.А., Ищенко А.И., Щучинов Л.В. Детерминанты системы воспитания и обучения, определяющие здоровье дошкольников в современных условиях // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2013. – № 4 (14). – С. 65–72.
2. Генеральному прокурору РФ об изменениях в СанПиНах по предельной наполняемости групп в детских садах от общественного движения «Российским детям доступное дошкольное образование». – URL: <http://rdddo.ru/novosti/473> (дата обращения: 21.12.2014).
3. Зибарев П., Зубкова Т. Экологическая безопасность полимерных строительных материалов. Анализ газовыделений // Экология промышленного производства. – 2007. – № 2. – С. 27–33.
4. Ищенко А.И., Козырева Ф.У. Основы мониторинга здоровья дошкольников в современных условиях // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2013. – № 4 (14). – С. 72–78.
5. Медведева С.А. Выравнивание психофизического развития старших дошкольников средствами здоровьесберегающих мероприятий // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 2 (108). – С. 113–119.
6. Назарова Е.В., Жукова Е.А., Кузмичев Ю.Г. Состояние и динамика здоровья детей, посещающих дошкольные образовательные учреждения // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 1. – С. 40–42.
7. Никулкина Д.В. Психологическое здоровье детей 5–6 лет, воспитывающихся в образовательных учреждениях разного типа // Психология образования в поликультурном пространстве. – 2014. – Т. 1, № 25. – С. 38–45.
8. Оценка физического развития и состояния здоровья детей и подростков, изучение медико-социальных причин формирования отклонений в здоровье: методические рекомендации Госкомсанэпиднадзора РФ. – М., 1996. – 28 с.
9. Павленко Т.Н., Капцова Г.Б., Малеева Н.П. Динамика индивидуального здоровья, условия и качество жизни детей, посещающих детские дошкольные образовательные учреждения // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 6. – С. 35–38.
10. Степанова М.И. К вопросу о нормировании наполняемости дошкольных групп // СанЭпидемКонтроль. – 2012. – № 4. – С. 14–19.
11. Разинов Ю.И., Стрижак А.П. Перспективы подготовки спортивного резерва в свете физического состояния современных детей 4–7 лет // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – Т. 91. – С. 129–133.
12. Тармаева И.Ю., Погорелова И.Г. Гигиеническая оценка условий пребывания и состояния здоровья дошкольников г. Иркутска // Сибирский медицинский журнал. – 2014. – № 2. – С. 86–89.
13. Чайченко М.В., Золотова М.Ю. Уровень нарушений в состоянии опорно-двигательного аппарата у детей дошкольных образовательных учреждений г. Коломны и Коломенского района Московской области // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура и спорт. – 2013. – № 2. – С. 175–181.
14. Böhm M., Salem M.Z., Srba J. Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials // J Hazard Mater. – 2012. – Т. 30 (221–222). – P. 68–79.

References

1. Vejnih P.A., Ishhenko A.I., Shhuchinov L.V. Determinanty sistemy vospitaniya i obucheniya, opredeljayushhie zdorov'e doshkol'nikov v sovremennyh usloviyah [Determinants of the upbringing and education system defining the health of preschool children in the modern conditions]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya*, 2013, no. 4 (14), pp. 65–72.

2. General'nomu prokuroru RF ob izmenenijah v SanPiNah po predel'noj napolnjaemosti grupp v detskih sadah ot obshhestvennogo dvizhenija «Rossijskim detjam dostupnoe doshkol'noe obrazovanie» [To the Prosecutor General of the Russian Federation on the changes to SanPiNs on the threshold representation of groups in the kindergartens from the social movement “Available Preschool Education for the Russian Children”]. Available at: <http://rdddo.ru/novosti/473>.
3. Zibarev P., Zubkova T. Jekologicheskaja bezopasnost' polimernyh stroitel'nyh materialov. Analiz gazovy-delenij [Environmental safety of polymeric construction materials. Gas emission analysis]. *Jekologija promyshlennogo proizvodstva*, 2007, no. 2, pp. 27–33.
4. Ishhenko A.I., Kozyreva F.U. Osnovy monitoringa zdorov'ja doshkol'nikov v sovremennyh uslovijah [Basics of the preschool children health monitoring in the modern conditions]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya*, 2013, no. 4 (14), pp. 72–78.
5. Medvedeva S.A. Vyravnavanie psihofizicheskogo razvitiya starshih doshkol'nikov sredstvami zdorov'es-beregajushhih meroprijatij [Leveling of the psycho-physiological development of over-fives using the health-saving measures]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2014, no. 2 (108), pp. 113–119.
6. Nazarova E.V., Zhukova E.A. Kuzmichev Ju.G. Sostojanie i dinamika zdorov'ja detej, poseshhajushhih doshkol'nye obrazovatel'nye uchrezhdenija [Condition and dynamics of the health of children visiting the preschool educational institutions]. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*, 2013, no. 1, pp. 40–42.
7. Nikulkina D.V. Psihologicheskoe zdorov'e detej 5–6 let, vospityvajushhihsja v obrazovatel'nyh uchrezhdenijah raznogo tipa [Psychological health of children in the age of 5–6 years brought up at the educational institutions of different types]. *Psihologija obrazovaniya v politkul'turnom prostranstve*, 2014, no. 25 (1), pp. 38–45.
8. Metodicheskie rekomendacii Goskomsanepidnadzora RF «Ocenka fizicheskogo razvitiya i sostojaniya zdorov'ja detej i podrostkov, izuchenie mediko-social'nyh prichin formirovaniya otklonenij v zdorov'e» [Guidelines of the State Committee on Sanitary and Epidemiology Surveillance of the Russian Federation “Assessment of physiological development and condition of health of children and teenagers and studying the medical and social reasons for the health deviations formation”]. Moscow, 1996, 28 p.
9. Pavlenko T.N., Kapcova G.B., Maleeva N.P. Dinamika individual'nogo zdorov'ja, uslovija i kachestvo zhizni detej, poseshhajushhih detskie doshkol'nye obrazovatel'nye uchrezhdenija [Individual health dynamics, conditions and quality of life of children visiting children's preschool educational institutions]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitaniya*, 2013, no. 6, pp. 35–38.
10. Stepanova M.I. K voprosu o normirovanii napolnjaemosti doshkol'nyh grupp [On the issue concerning the standardization of the number of children in the preschool groups]. *SanJepidemKontrol'*, 2012, no. 4, pp. 14–19.
11. Razinov Ju.I., Strizhak A.P. Perspektivy podgotovki sportivnogo rezerva v svete fizicheskogo sostojaniya sovremennyh detej 4–7 let [Prospects for the training of sports reserve in terms of the physical condition of the modern children in the age of 4–7 years]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2012, vol. 91, pp. 129–133.
12. Tarmaeva I.Ju., Pogorelova I.G. Gigienicheskaja ocenka uslovij prebyvaniya i sostojaniya zdorov'ja doshkol'nikov g.Irkutskaja [Hygienic assessment of the conditions of staying and health of the preschool children in Irkutsk]. *Sibirskij medicinskij zhurnal*, 2014, no. 2, pp. 86–89.
13. Chajchenko M.V., Zolotova M.Ju. Uroven' narushenij v sostojanii oporno-dvigatel'nogo apparata u detej doshkol'nyh obrazovatel'nyh uchrezhdenij g. Kolomny i Kolomenskogo rajona Moskovskoj oblasti [The level of disorders in the locomotive system condition of children in the preschool educational institutions of Kolomna and Kolomensky district of Moscow region]. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaja kul'tura i sport*, 2013, no. 2, pp. 175–181.
14. Böhm M, Salem MZ, Srba J. (2012) Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials. *J. Hazard Mater.*, 2012, vol. 30 (221–222), pp. 68–79.

ASSESSMENT OF RISK FOR THE FORMATION OF PSYCHO-PHYSICAL DEVELOPMENT AND SOMATIC HEALTH DISORDERS IN CHILDREN IN THE PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS WITH DIFFERENT REPRESENTATION OF GROUPS

**O.Yu. Ustinova^{1,2}, A.V. Alekseeva¹, K.P. Luzhetsky^{1,2}, O.A. Maklakova^{1,2},
Yu.A. Ivashova¹, V.G. Makarova¹, O.A. Kobyakova¹**

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

² FSBEI of Higher Professional Education "Perm State National Research University", Russian Federation, Perm, 15, Bukireva St., 614990

We conducted the study of sanitary and hygienic conditions for the staying of children in the preschool educational organization with increased representation of groups. It was established that in the "compacted" preschool educational organizations (30 children in group) the area of playing rooms does not comply with requirements of SanPIN 2.4.1.3049-13; the acoustic exposure level reaches 75–80 dBA; the air of playing rooms contains phenol and formaldehyde in the concentrations exceeding the threshold level value for continuous exposure; and the bacterial load of the air of playing rooms, including the potentially pathogenic flora, increases significantly. The increased number of children in groups increases the risk of delays in the psycho-physical development of children and reduction of adaptive reserve of the cardiovascular, respiratory and nervous systems; increases the risk for formation of systemic multiple organ pathology that, in aggregate, contributes to the increased morbidity of children with allergic diseases of respiratory organs and skin, chronic inflammatory diseases of pharyngeal cavity, bacterial intestinal and quarantine infections, functional disorders of nervous system and contact helminth infestations.

Key words: preschool educational organizations, representation of groups, sanitary and hygienic conditions, psycho-physical and somatic health of children

© Ustinova O.Yu., Alekseeva A.V., Luzhetsky K.P., Maklakova O.A., Ivashova Yu.A., Makarova V.G., Kobyakova O.A., 2015
Ustinova Olga Yurievna – MD, Professor, Deputy director on clinical care (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 236-32-64).
Alekseeva Alla Vadimovna – mathematician of the systems and processes mathematical simulation department (e-mail: root@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 237-18-04).

Luzhetsky Konstantin Petrovich – Candidate of Medical Sciences, Head of clinic of ecoddependent and industrially conditioned pathology (e-mail: nemo@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 236-80-98).

Maklakova Olga Anatolievna – Candidate of Medical Sciences, Head of consulting and polyclinic department (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 237-27-92).

Ivashova Yulia Anatolyevna – X-ray diagnostics department (e-mail: ivashova@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 237-27-92).

Makarova Venera Galimzyanovna – Allergist-Immunologist (e-mail: root@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 236-32-64).

Kobyakova Olga Alekseevna – candidate of medical science, head of admission office (e-mail: kobyakova@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 237-25-34).

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

УДК 615.9: [543.632.514: 612.084]

ОСОБЕННОСТИ ЭПИКУТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Е.К. Власенко, С.И. Сычик, И.И. Ильюкова, В.А. Стельмах, В.А. Грынчак

РУП «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь,
Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 8

Изучена подострая токсичность гексилового эфира 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) при эпикутанном воздействии в эксперименте на белых крысах. Установлено, что повторные аппликации гексилового эфира АЛК (ГЭ-АЛК) вызывают слабую реакцию кожных покровов белых крыс в виде отека. Трансдермальный путь поступления ГЭ-АЛК характеризуется повышением активности аланинаминотрансферазы, увеличением уровня мочевины в сыворотке крови и сдвигом в кислую сторону рН мочи подопытных животных. Экспозиционная доза 341 мг/кг является действующей с минимальными отклонениями показателей и принята в качестве пороговой. Экспозиционная доза 75 мг/кг не вызывает изменений состояния лабораторных животных и является максимально недействующей.

Ключевые слова: токсичность, гексиловый эфир 5-аминолевулиновой кислоты, эпикутанное воздействие.

Одним из приемов современных агрономических технологий в растениеводстве является применение регуляторов роста растений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. При разработке и производстве таких препаратов особое внимание должно уделяться их экологической безопасности. Принципиально новым подходом к созданию экологически чистых регуляторов роста растений является использование для этих целей естественных метаболитов самих растений, в частности 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК). АЛК является исходным интермедиатом всех циклических (хлорофиллов, гемов, корриноидов) и линейных (билинов, фикобилинов) тетрапирролов, которые играют исключительную роль в метаболизме растительных, животных и бактериальных организмов [5]. В конце 80-х гг.

прошлого столетия впервые было обнаружено, что АЛК обладает свойствами регулятора роста [4]. Эффективность АЛК существенно повышена путем липофилизации молекулы при применении ее в виде эфиров с высшими спиртами, что реализовано учеными Института биорганической химии НАН Беларуси в результате разработки лабораторной методики получения гексилового эфира АЛК (ГЭ-АЛК). В полевых экспериментах было установлено, что применение ГЭ-АЛК оказывает положительный эффект на рост и развитие растений по ряду показателей, при этом эффект достигался при концентрациях в 5 раз (и более) меньших, чем при обработке АЛК [2].

Для безопасного применения ГЭ-АЛК в агропромышленном комплексе необходима его полная токсиколого-гигиеническая оценка, что

© Власенко Е.К., Сычик С.И., Ильюкова И.И., Стельмах В.А., Грынчак В.А., 2015

Власенко Евгений Константинович – научный сотрудник лаборатории профилактической и экологической токсикологии (e-mail: evgenii_vlasenko@mail.ru; тел. 8 (017) 284-13-96).

Сычик Сергей Иванович – кандидат медицинских наук, доцент; директор (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (017) 284-03-87).

Ильюкова Ирина Ивановна – кандидат медицинских наук; заведующий лабораторией профилактической и экологической токсикологии (e-mail: toxlab@mail.ru; тел. 8 (017) 292-60-27).

Стельмах Виктор Александрович – кандидат медицинских наук, доцент; ведущий научный сотрудник лаборатории профилактической и экологической токсикологии (e-mail: stelmakh2@gmail.com; тел. 8 (017) 284-13-82).

Грынчак Виталий Александрович – младший научный сотрудник лаборатории профилактической и экологической токсикологии (e-mail: grinchakva@gmail.com; тел. 8 (017) 284-13-82).

позволит минимизировать риски для здоровья работающих в сельском хозяйстве и на производстве. Особая роль в этом отводится токсикологическим экспериментам на лабораторных животных, итогом которых является определение ведущего признака вредного действия и установление пороговых доз или концентраций.

Цель данной работы – изучение особенностей эпикутанного воздействия ГЭ-АЛК, поскольку его попадание на кожные покровы может представлять потенциальную опасность. В ходе эксперимента оценивали проявление местно-раздражающих и кожно-резорбтивных свойств при повторных аппликациях белым крысам.

Материалы и методы. Исследование проведено в повторных опытах на 28 самцах рандомбредных белых крыс массой 180–215 г на протяжении 1 месяца. В эксперимент отбирали здоровых животных с чистым шерстным покровом после внутригрупповой адаптации. За сутки до начала эксперимента крысам выстригали шерсть на спине. Животные были взвешены и разделены на четыре группы по 7 особей: I – контрольную и II, III, IV – опытные, подвергавшиеся экспозиции 50 %, 25 %, 5 % (м/В) растворами ГЭ-АЛК соответственно. Контрольной группе крыс наносили растворитель – дистиллированную воду. Изучение местно-раздражающих и кожно-резорбтивных свойств проводили путем нанесения 320 мкл ГЭ-АЛК на выстриженные участки кожи размером 4×4 см в водном растворе (0,02 мл/см²). Животных подвергали экспозиции в течение 4 часов 5 дней в неделю. По окончании ежедневной экспозиции вещество смывали теплой водой. Доступ к корму и воде был свободным, световой режим естественным. На протяжении эксперимента оценивали признаки системной токсичности, локальные изменения. Выраженность эритемы оценивали визуально в баллах: отсутствие – 0, слабая – 1, умеренно выраженная – 2,

выраженная – 3, резко выраженная – 4. Величину отека кожи определяли путем измерения толщины кожной складки микрометром (в мм), его интенсивность по сравнению с фоновым значением оценивали по шкале от 0 до 4 баллов [3]. По окончании эксперимента крыс взвешивали и после мгновенной декапитации определяли коэффициенты массы органов, макроскопически оценивали изменения внутренних органов. Полученную кровь тестировали с помощью гематологического анализатора Mythic18 (Швейцария), биохимические показатели сыворотки крови и мочи определяли на автоматическом анализаторе Accent200 (Польша). Коэффициент де Ритиса, клиренсы креатинина и мочевины рассчитаны стандартными методами [1].

Анализ данных на соответствие закону нормального распределения проведен с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. При оценке различий между группами использовали параметрический *t*-критерий Стьюдента с учетом поправки Бонферрони. Количественные параметры представлены в виде среднего значения (*M*) и 95%-ного доверительного интервала (95%-ный ДИ). Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Среднее значение экспозиционной дозы в пересчете на массу животного на 30-е сутки эксперимента составило для групп: II – 864 (821–906) мг/кг, III – 341 (318–363) мг/кг, IV – 75 (70–81) мг/кг ГЭ-АЛК.

При изучении местно-раздражающего действия ГЭ-АЛК на протяжении 30 суток эксперимента не отмечено признаков гиперемии и заметных изменений кожных покровов подопытных животных. Участки кожи в местах аппликаций были аналогичны контрольным, не имели уплотнений, шелушений и инородных образований. К концу эксперимента у всех животных определяли толщину кожной складки (табл. 1).

Таблица 1

Результаты измерения толщины кожной складки белых крыс, подвергнутых эпикутанному воздействию ГЭ-АЛК в течение 30 суток, мм, *M* ($\pm 95\%$ -ный ДИ)

Группа	Величина толщины кожной складки, мм		Увеличение толщины кожной складки	
	до начала эксперимента	на 30-е сутки эксперимента	за время эксперимента, мм	по сравнению с контролем, %
I (контрольная)	1,4 (1,3–1,6)	1,6 (1,5–1,8)	0,19 (–0,03–0,4)	100
II	1,3 (1,2–1,5)	1,7 (1,6–1,8)	0,37 (0,17–0,57), $p=0,68$	195
III	1,6 (1,4–1,8)	1,8 (1,7–2,0)	0,24 (0,02–0,46), $p=1,0$	126
IV	1,6 (1,5–1,7)	1,8 (1,6–1,9)	0,16 (0,02–0,3), $p=1,0$	84

Таблица 2

Динамика изменения живой массы белых крыс, подвергнутых эпикутанному воздействию ГЭ-АЛК в течение 30 суток, кг^{-1} , $M (\pm 95\% \text{-ный ДИ})$

Группа	Масса тела животных, кг^{-1}		Прирост массы тела	
	до начала эксперимента	на 30-е сутки эксперимента	за время эксперимента, кг^{-1}	по сравнению с контролем, %
I (контрольная)	186,4 (182,0–190,8)	210,0 (195,9–224,1)	23,6 (12,7–34,5)	100
II	181,4 (177,9–184,9)	185,7 (176,7–194,7)	4,3 (–6,2–14,8), $p=0,11$	18
III	200,7 (192,1–209,3)	235,7 (220,8–250,7)	35,0 (23,4–46,6), $p=0,86$	148
IV	197,9 (192,6–203,1)	214,3 (197,5–231,1)	16,4 (–1,4–34,3), $p=1,0$	69

Как видно из данных табл. 1, ГЭ-АЛК не вызывал статистически значимых отклонений в толщине кожной складки между контрольной и опытными группами. Вместе с этим, учитывая дозозависимый эффект, считаем возможным поставить 1 балл (слабая реакция) группе II по показателю интенсивности отека, разница по сравнению с контролем которого составляет 0,18 мм, или 195 %. Визуально признаки эритемы отсутствовали во всех группах (0 баллов). Таким образом, суммарная количественная оценка степени индукции эритемы и отека для I группы и III, IV групп, получавших 25 % и 5 % ГЭ-АЛК, составляет 0 баллов, а для II группы крыс, получавших 50 % ГЭ-АЛК, – 1 балл.

При исследовании кожно-резорбтивных свойств ГЭ-АЛК установлено, что 30-кратные эпикутанные аппликации ГЭ-АЛК не приводят к гибели подопытных животных. Общее состояние животных было удовлетворительным, отклонений в поведенческой активности не за-

регистрировано. При патолого-анатомическом вскрытии видимых изменений внутренних органов не обнаружено.

Во всех подопытных группах отмечен прирост массы тела к концу эксперимента. Наименьший прирост зафиксирован в группе II, получавшей 50 % раствор ГЭ-АЛК. Следует отметить, что отдельные особи групп II и IV имели отрицательную динамику прироста массы тела по сравнению с исходными данными (табл. 2).

Отличия в приросте массы тела на 30-е сутки эксперимента в контрольной и опытных группах не являются статистически значимыми, дозозависимый эффект отсутствует.

Биохимические показатели сыворотки крови и мочи, а также морфологический состав крови наиболее полно отображают состояние обмена веществ. Как видно из табл. 3, морфофункциональные показатели крови животных групп, получавших в течение 30 суток накожно ГЭ-АЛК, не отличались от контроля.

Таблица 3

Морфофункциональные показатели крови белых крыс, подвергнутых эпикутанному воздействию ГЭ-АЛК в течение 30 суток, $M (\pm 95\% \text{-ный ДИ})$

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Лейкоциты, 10^9 кл/л	14,6 (9,3–19,3)	21,2 (12,2–30,2), $p=0,46$	15,7 (9,9–21,4), $p=1,0$	12,4 (6,0–18,9), $p=1,0$
Лимфоциты, 10^9 кл/л	9,6 (6,1–13,2)	15,5 (6,8–24,3), $p=0,33$	9,0 (6,2–11,8), $p=1,0$	7,6 (4,6–10,5), $p=1,0$
Моноциты, 10^9 кл/л	0,57 (0,44–0,69)	0,7 (0,52–0,88), $p=0,76$	0,6 (0,4–0,7), $p=1,0$	0,5 (0,3–0,8), $p=1,0$
Гранулоциты, 10^9 кл/л	4,4 (3,3–5,6)	4,9 (4,4–5,5), $p=1,0$	6,1 (0,8–11,4), $p=1,0$	4,4 (1,0–7,7), $p=1,0$
Эритроциты, 10^{12} кл/л	7,9 (7,5–8,3)	8,3 (7,9–8,7), $p=0,89$	7,6 (7,1–8,0), $p=0,88$	7,8 (7,0–8,6), $p=1,0$
Концентрация гемоглобина, г/л	143,3 (136,0–150,6)	153,2 (143,2–163,2), $p=0,4$	135,3 (125,0–145,6), $p=0,77$	144,5 (131,9–157,1), $p=1,0$
Гематокрит, л/л	0,38 (0,37–0,39)	0,4 (0,38–0,42), $p=0,57$	0,36 (0,33–0,39), $p=1,0$	0,38 (0,34–0,42), $p=1,0$
Средний объем эритроцита, фл	47,9 (46,2–49,6)	48,5 (46,9–50,1), $p=1,0$	47,7 (46,2–49,2), $p=1,0$	48,7 (46,8–50,6), $p=1,0$
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	18,1 (17,0–19,2)	18,5 (17,6–19,3), $p=1,0$	17,9 (17,4–18,4), $p=1,0$	18,6 (18,2–19,0), $p=1,0$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	377,8 (367,4–388,3)	381,0 (376,3–385,7), $p=1,0$	375,0 (370,9–379,0), $p=1,0$	380,5 (366,7–394,3), $p=1,0$
Тромбоциты, 10^9 кл/л	677,5 (462,8–892,2)	519,2 (358,6–679,7), $p=0,57$	540,8 (451,8–629,8), $p=0,87$	566,5 (318,1–814,9), $p=1,0$
Средний объем тромбоцита, фл	6,3 (5,8–6,8)	6,3 (5,9–6,8), $p=1,0$	6,3 (6,1–6,5), $p=1,0$	6,2 (5,5–6,9), $p=1,0$

Таблица 4

Биохимические показатели сыворотки крови белых крыс, подвергнутых эпикутанному воздействию в течение 30 суток, $M (\pm 95\%$ -ный ДИ)

Показатель	Группы сравнения			
	I	II	III	IV
Общий белок, г/л	78,8 (67,1–90,5)	63,8 (45,5–82,0), $p=0,56$	63,6 (49,8–77,5), $p=0,54$	90,0 (62,7–117,3), $p=1,0$
Альбумин, г/л	48,5 (36,5–60,5)	52,7 (39,6–65,7), $p=1,0$	45,1 (31,9–58,3), $p=1,0$	37,5 (13,0–61,9), $p=1,0$
Мочевина, ммоль/л	6,8 (6,0–7,6)	8,3 (7,1–9,5) *, $p=0,032$	6,5 (5,8–7,2), $p=1,0$	7,6 (7,0–8,3), $p=0,9$
АЛТ, мккат/л	1,62 (1,43–1,8)	1,97 (1,73–2,22)*, $p=0,045$	2,1 (1,91–2,22)*, $p=0,002$	1,72 (1,55–2,23), $p=0,99$
АСТ, мккат/л	5,16 (4,39–5,92)	6,31 (5,06–7,55), $p=0,28$	5,88 (5,09–6,67), $p=1,0$	6,92 (5,33–8,52), $p=0,053$
Коэффициент де Ритиса, усл.ед.	3,24 (2,63–3,85)	3,20 (2,70–3,70), $p=1,0$	2,79 (2,52–3,06), $p=0,34$	3,11 (2,60–3,63), $p=1,0$
Холестерин, ммоль/л	1,9 (1,4–2,4)	1,9 (1,7–2,2), $p=1,0$	1,2 (1,1–1,4) *, $p=0,01$	1,8 (1,3–2,4), $p=1,0$
Креатинин, мкмоль/л	43,0 (40,4–45,6)	40,31 (37,9–42,7), $p=0,18$	41,1 (38,2–44,0), $p=0,81$	40,2 (38,1–41,9), $p=0,14$
Мочевая кислота, мкмоль/л	75,7 (58,9–92,4)	101,5 (80,7–122,3), $p=0,19$	87,5 (69,6–105,4), $p=1,0$	86,0 (45,6–126,4), $p=1,0$
α -амилаза, мккат/л	16,0 (12,65–19,34)	13,97 (10,12–17,82), $p=1,0$	14,35 (9,89–18,81), $p=1,0$	14,55 (11,34–17,76), $p=1,0$
Щелочная фосфатаза, мккат/л	1,85 (1,64–2,06)	1,81 (1,76–1,85), $p=1,0$	1,95 (1,78–2,11), $p=1,0$	1,83 (1,64–2,03), $p=1,0$
Глюкоза, ммоль/л	6,6 (5,5–7,7)	7,3 (6,5–8,1), $p=1,0$	7,6 (7,1–8,2), $p=0,42$	7,3 (5,0–9,6), $p=1,0$
Кальций, ммоль/л	5,0 (4,5–5,5)	5,1 (4,7–5,5), $p=1,0$	4,6 (4,2–4,9), $p=1,0$	6,7 (1,8–11,7), $p=0,35$
Магний, ммоль/л	0,94 (0,82–1,1)	0,98 (0,9–1,1), $p=1,0$	0,89 (0,79–1,0), $p=1,0$	0,99 (0,81–1,2), $p=1,0$
ЛДГ, мккат/л	82,1 (51,9–112,3)	78,7 (50,7–106,8), $p=1,0$	58,9 (46,0–71,7), $p=0,56$	62,0 (35,5–88,4), $p=1,0$
ГГТ, мккат/л	0,19 (0,16–0,21)	0,19 (0,18–0,2), $p=1,0$	0,19 (0,17–0,22), $p=1,0$	0,19 (0,17–0,2), $p=1,0$

Примечание: * – различия статистически достоверны, $p \leq 0,05$.

Таблица 5

Показатели мочевого выделительной системы белых крыс, подвергнутых эпикутанному воздействию ГЭ-АЛК в течение 30 суток, $M (\pm 95\%$ -ный ДИ)

Показатель	Группы			
	I	II	III	IV
Общий белок, г/л	7,5 (3,6–11,4)	10,3 (5,4–15,1), $p=1,0$	8,2 (5,2–11,1), $p=1,0$	8,1 (0,1–16,2), $p=1,0$
Мочевина, ммоль/л	96,7 (32,7–160,6)	150,3 (90,2–210,4), $p=0,94$	134,7 (58,3–211,8), $p=1,0$	126,8 (35,9–217,6), $p=1,0$
Клиренс мочевины, мл/мин	0,12 (0,07–0,17)	0,11 (0,06–0,17), $p=0,94$	0,10 (0,06–0,14), $p=1,0$	0,12 (0,09–0,15), $p=1,0$
Креатинин, ммоль/л	4,8 (2,4–7,1)	3,8 (3,1–4,5), $p=1,0$	3,1 (2,5–3,6), $p=0,3$	7,1 (4,7–9,6), $p=0,33$
Клиренс креатинина, мл/мин	0,68 (0,44–0,98)	0,67 (0,51–0,83), $p=1,0$	0,81 (0,48–1,15), $p=1,0$	0,75 (0,57–0,92), $p=1,0$
Мочевая кислота, мкмоль/л	456,5 (184,6–728,4)	826,3 (634,7–1017,9), $p=0,22$	908,5 (514,2–1302,9), $p=0,08$	762,0 (315,5–1208,6), $p=0,67$
Глюкоза, ммоль/л	0,95 (0,63–1,26)	1,1 (0,97–1,3), $p=1,0$	1,1 (0,63–1,6), $p=1,0$	1,3 (0,99–1,7), $p=0,45$
Кальций, ммоль/л	3,3 (3,1–3,6)	5,1 (3,8–6,4), $p=0,2$	4,0 (2,0–6,0), $p=1,0$	3,7 (1,4–6,1), $p=1,0$
Магний, ммоль/л	2,1 (1,5–2,8)	2,4 (2,1–2,7), $p=1,0$	2,5 (1,4–3,5), $p=1,0$	2,4 (1,9–2,8), $p=1,0$
Диурез, л ³ /сут.	13,8 (8,6–19,1)	9,6 (6,5–12,7), $p=0,3$	8,2 (3,9–12,5), $p=0,18$	12,7 (6,1–19,4), $p=1,0$
pH, ед. pH	7,8 (7,2–8,3)	6,0 (5,7–6,3)*, $p=0,0001$	6,1 (5,9–6,3)*, $p=0,00008$	6,9 (5,9–7,9), $p=0,23$

Примечание: * – различия статистически достоверны, $p \leq 0,05$.

Среди биохимических показателей сыворотки крови подопытных животных отмечено повышение ферментативной активности АЛТ в II группе на 21,6 % и в III – на 29,6 % по сравнению с контролем; увеличение содержания мочевины на 22 % обнаружено в сыворотке животных II опытной группы; уровень холестерина снижен в крови животных III группы и составляет 63 % от контрольного (табл. 4). В данном эксперименте снижение уровня холе-

стерина в сыворотке крови крыс не имеет дозовой зависимости, поэтому не рассматривается в качестве показателя токсического действия.

Со стороны состояния мочевого выводящей системы отмечалось снижение величины показателя водородных ионов на 30-е сутки эксперимента в моче животных групп II и III (табл. 5), что, вероятнее всего, связано с индуцируемым ГЭ-АЛК изменением кислотно-щелочного равновесия.

Выводы. В результате проведенного эксперимента установлено, что при повторном эпикутанном воздействии ГЭ-АЛК вызывает слабую реакцию кожных покровов белых крыс в виде отека. Трансдермальный путь поступления ГЭ-АЛК характеризуется повышением активности АЛТ, увеличением уровня мочевины в сыворотке крови и сдвигом в кислую сторону pH мочи подопытных животных.

Экспозиционная доза 341 мг/кг является действующей с минимальными отклонениями показателей, а доза 75 мг/кг не вызывает изменений состояния лабораторных животных в течение 30 суток. Таким образом, доза 341 мг/кг может быть принята в качестве пороговой при повторном накожном воздействии ГЭ-АЛК.

Список литературы

1. Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 822 с.
2. Стимуляция роста и развития растений ячменя липофильными эфирами 5-аминолевулиновой кислоты / С.Г. Спивак, Е.Б. Яронская, И.В. Вершиловская, В.Ю. Давыдов, И.В. Тростянко, В.И. Долгопалец, Н.Г. Аверина, М.А. Кисель // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2007. – Т. 51, № 5. – С. 95–99.
3. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция / утв. Министерством здравоохранения Респ. Беларусь 14.12.2004 г. – Минск, 2004. – 43 с.
4. Averina N.G., Yaronskaya E.B. Involvement of 5-aminolevulinic acid in the regulation of plant growth // *Photosynthetica*. – 1991. – Vol. 25, № 1. – P. 27–31.
5. Beale S.I., Weinstein J.D. Biochemistry and regulation of photosynthetic pigment formation in plants and algae // *Biosynthesis of Tetrapyrroles (New Comprehensive Biochemistry Series)* / Ed.: P.M. Jordan. – Elsevier. – Amsterdam, The Netherlands, 1991. – Vol. 19. – P. 155–235.

References

1. Kishkun A.A. Rukovodstvo po laboratornym metodam diagnostiki [Guidance on laboratory methods for diagnosis]. Moscow, GJeOTAR-Media, 2007, 822 p.
2. Stimuljacija rosta i razvitija rastenij jachmenja lipofil'nyimi jefirami 5-aminolevulinovoj kisloty [Stimulation of plant growth and development of barley lipophilic esters of 5-aminolevulinic acid]. S.G. Spivak, E.B. Jaron-skaja, I.V. Vershilovskaja, V.Ju. Davydov, I.V. Trostjanko, V.I. Dolgopalec, N.G. Averina, M.A. Kisel'. *Dokl. Nac. akad. nauk Belarusi*, 2007, vol. 51, no 5, pp. 95–99.
3. Trebovanija k postanovke jeksperimental'nyh issledovanij dlja pervichnoj toksikologicheskoj ocenki i gigienicheskoj reglamentacii veshhestv: instrukcija [Requirements for the formulation of experimental studies for primary toxicological evaluation and hygienic materials: User:]. utv. Ministerstvom zdravooohranenija Resp. Belarus' 14.12.04. Minsk, 2004, 43 p.
4. Averina, N.G. Involvement of 5-aminolevulinic acid in the regulation of plant growth. N.G. Averina, E.B. Yaronskaya. *Photosynthetica*, 1991, vol. 25, no 1, pp. 27–31.
5. Beale, S.I. Biochemistry and regulation of photosynthetic pigment formation in plants and algae. S.I. Beale and J.D. Weinstein. *Biosynthesis of Tetrapyrroles (New Comprehensive Biochemistry Series)*. Ed.: P.M. Jordan. – Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1991, vol. 19, pp. 155–235.

PECULIARITIES OF EPICUTANEOUS ACTION OF HEXYL ETHER OF 5-AMINOLEVULINIC ACID

Е.К. Vlasenko, S.I. Sychik, I.I. Ilyukova, V.A. Stelmakh, V.A. Grynchak

RUE "Scientific Practical Centre of Hygiene" of the Ministry of Health of the Republic of Belarus,
the Republic of Belarus, 220012, Minsk, Akademicheskaya St., 8

We studied the subacute toxicity of hexyl ether of 5-aminolevulinic acid at the epicutaneous action in the experiment with white rats. It was established that repeated application of hexyl ether of 5-aminolevulinic acid cause the weak reaction of the white rats skin in the form of edema. The transdermal hexyl ether of 5-aminolevulinic acid intake route is characterized by the increase in the alanine aminotransferase activity, the level of urea in the blood serum and shift to the acid side of pH in the urine of experimental animals. The exposure dose of 341 mg/kg is the dose acting with minimum deviations of values and is accepted as threshold. The exposure dose of 75 mg/kg does not cause the changes in the condition of laboratory animals and is the maximum inactive dose.

Key words: toxicity, hexyl ether of 5-aminolevulinic acid, epicutaneous impact.

© Vlasenko E.K., Sychik S.I., Ilyukova I.I., Stelmakh V.A., Grynchak V.A., 2015

Vlasenko Evgeny Konstantinovich – research assistant of the preventive and environmental toxicology laboratory (e-mail: evgenii_vlasenko@mail.ru; tel. 8 (017) 284-13-96).

Sychik Sergey Ivanovich – candidate of medical science, associate professor, director (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (017) 284-03-87).

Ilyukova Irina Ivanovna – candidate of medical science; head of preventive and environmental toxicology laboratory (e-mail: toxlab@mail.ru; tel. 8 (017) 292-60-27).

Stelmakh Viktor Aleksandrovich – candidate of medical science, associate professor; leading research associate of the preventive and environmental toxicology laboratory (e-mail: stelmakh2@gmail.com; tel. 8 (017) 284-13-82).

Grynchak Vitaly Aleksandrovich – junior research assistant of the preventive and environmental toxicology laboratory (e-mail: grinchakva@gmail.com; tel. 8 (017) 284-13-82).

УДК 613.64: 616.717-057

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОТИПОВ ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛЫХ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА

О.В. Долгих^{1,2,3}, А.В. Кривцов¹, О.А. Бубнова^{1,3}, К.Г. Старкова¹,
В.А. Лучникова¹, Е.А. Пирогова¹

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

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

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

Проведена сравнительная оценка результатов иммунодиагностики и анализа полиморфизма генов детей, экспонированных аэротехногенными загрязнителями, с генотипами их родителей. Установлен генетический полиморфизм генов детоксикации CYP1A1, CYP2D6, SULT1A1, а также вариантная аллельность генов, характеризующих состояние эндотелия сосудов (VEGF и eNOS), как у детей, так и их родителей. Представленные данные свидетельствуют о генетической фиксации минорных генотипов родителей у детей в условиях воздействия химических факторов риска.

Ключевые слова: аэрогенная внешнесредовая нагрузка, полиморфизм генов, генетическая фиксация, гены детоксикации, факторы риска.

Актуальным является проведение объективной и достоверной оценки систем детоксикации и полиморфизма генов у населения в условиях повышенной техногенной химической нагрузки с использованием современных диагностических молекулярно-генетических технологий [1–4, 7–11]. Анализ и использование в дальнейшем современных генетических диагностических критериев, прежде всего генов детоксикации 1-й и 2-й фазы, позволит расширить доказательную базу по выявлению причинно-следственных связей патологических и преморбидных состояний, обусловленных воздействием химических факторов среды обитания [5, 6, 12].

Целью исследования являлся сравнительный анализ генетических маркеров у детского

и взрослого населения, проживающего на территории воздействия химических факторов риска.

Материалы и методы. В качестве территории наблюдения были выбран район крупного промышленного города с развитой химической промышленностью. Ведущими факторами аэрогенной внешнесредовой нагрузки на территории являются формальдегид (превышение ПДК_{сс} до 3,57); фенол (до 1,42 ПДК_{сс}), бенз(а)пирен (до 5,41 ПДК_{сс}). Приоритетный путь поступления вредных веществ – ингаляционный. В качестве контрольной, условно-чистой территории выбран район с допустимым уровнем химического воздействия. Обследовано детское население (75 человек), постоянно проживающее и посещающее ДДУ в соответствующих

© Долгих О.В., Кривцов А.В., Бубнова О.А., Старкова К.Г., Лучникова В.А., Пирогова Е.А., 2015

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

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

Бубнова Ольга Алексеевна – младший научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики, студентка магистратуры биологического факультета (e-mail: oleg@fcrisk.ru; тел. (342) 236-39-30).

Старкова Ксения Геннадьевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией иммунологии и аллергологии (e-mail: oleg@fcrisk.ru; тел. (342) 236-39-30).

Лучникова Виктория Александровна – младший научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики, доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: oleg@fcrisk.ru; тел. (342) 236-39-30).

Пирогова Елена Алексеевна – младший научный сотрудник отдела иммунобиологических методов диагностики (e-mail: oleg@fcrisk.ru; тел. (342) 236-39-30).

районах, а также взрослое население (родители детей) в количестве 36 человек.

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 применяли методику ПЦР, в основе чего – реакция амплификации и детекция продуктов этой реакции в режиме реального времени с помощью флюоресцентных меток, которыми предварительно помечают используемые для реакции амплификации праймеры. Для одновременной детекции нескольких продуктов реакции применяют разные флюоресцентные метки и зонды (мультиплексная ПЦР). В качестве праймеров использовали участок ДНК генов CYP1A1, CPOX, VEGF, eNO-синтаза, SULT1A1. Для определения генотипа человека применяли метод аллельной дискриминации, когда различия между гетерозиготами, гомозиготами дикого и минорного вариантов устанавливали по различиям в протекании реакций амплификации соответствующих праймеров.

Обработка данных по генотипированию проводилась с использованием унифицированной программы «Ген Эксперт». Данная программа служит для расчета статистических параметров для исследований «случай – контроль», использующих SNP (диагностику однонуклеотидных полиморфизмов). Применялись статистические методы для описания равновесия частот генотипов и аллелей генов по равновесию Харди-Вайнберга.

Результаты и их обсуждение. Поведен анализ особенностей однонуклеотидных полиморфизмов у проживающего в условиях комбинированной многофакторной химической экспозиции техногенными факторами взрослого населения и закрепления измененного генотипа у детей, также живущих на данной территории (таблица).

Установлено, что полиморфизм гена детоксикации CYP1A1 отличается преимущественными негативными отклонениями у детей основной группы, тогда как гетерозиготный вариант генотипа CPOX характерен для взрослых основной группы, закрепляясь по наследству в виде патологической гомозиготы на уровне, превышающем аналогичную распространенность генотипа у взрослых в 3 раза. Повышенная распространенность гетерозиготного генотипа гена

Сравнительный полиморфизм генов у детей и их родителей в условиях экспонирования химическими техногенными факторами

Показатель	Генотип	Взрослые		Генотип	Дети	
		основная	контроль		основная.	контроль
Ген цитохрома Р-450	GG	93 %	94 %	GG	92 %	93 %
	AG	6 %	4 %	AG	8 %	7 %
	AA	1 %	2 %	AA	0 %	0 %
	G	96	96	G	96	97
	A	4	4	A	4	3
Ген CPOX 1 (копропорфирино- геноксидаза)	AA	62 %	65 %	GG	70 %	66 %
	CA	37 %	35 %	GA	27 %	33 %
	CC	1 %	0 %	AA	3 %	1 %
	A	80	83	A	83	83
	C	20	17	C	17	17
Гн SULT1A1	GG	27 %	27,3	GG	30 %	34,8
	GA	61 %	54,5	GA	59 %	39,1
	AA	12 %	18,2	AA	11 %	26,1
	G	58	65	G	59	62
	A	42	35	A	41	38
Ген VEGF	GG	55 %	52 %	GG	50 %	50 %
	GC	37 %	37 %	GC	40 %	40 %
	CC	8 %	11 %	CC	10 %	10 %
	G	73	70	G	71	70
	C	27	30	C	29	30
Ген eNOS	GG	54 %	52 %	GG	47 %	60 %
	GT	40 %	41 %	GT	44 %	34 %
	TT	16 %	7 %	TT	9 %	6 %
	G	74	74	G	69	77
	T	26	26	T	31	23

сульфатазы (SULT1A1) характеризует особенности полиморфизма как взрослых, так и детей основной группы. Полиморфизм гена фактора некроза опухоли свидетельствует о негативной селекции при наследовании и преобладании у детей как минорного аллеля, так и нежелательных вариантов генотипа. Выявлена повышенная распространенность гетерозиготного варианта патогенетических генов, отвечающих за состояние эндотелия сосудистого русла (VEGF, eNOS), и если ген эндотелиального фактора роста у родителей в основной группе не отличался от контроля, то гомозиготный вариант (TT) гена NO-синтазы обеспечил у потомства высокий уровень гетерозиготных отклонений.

Установленные генетические ассоциации указывают на наличие негативной генетической селекции большинства анализируемых генов, чему способствует присутствие в атмо-

сферном фоздухе формальдегида, фенола, бенз(а)пирена, так как для контрольной группы подобные ассоциации не характерны.

Выводы. Таким образом, проведенная сравнительная оценка результатов иммунодиагностики и анализа полиморфизма генов детей, экспонированных техногенными загрязнителями, с генотипами их родителей позволила выявить особенности генетического полиморфизма генов детоксикации CYP1A1, CPOX, SULT1A1, а также аллельность иммунокомпетентных генов и генов, характеризующих состояние эндотелия сосудов (VEGF и eNOS) у детей и их родителей. Представленные данные свидетельствуют о генетической фиксации у детей существующих полиморфизмов родителей и росте распространенности мутантных аллелей генов эндотелиального фактора роста и эндотелиальной NO-синтазы в условиях воздействия химических факторов риска (формальдегид, фенол, бенз(а)пирен).

Список литературы

1. Долгих О.В., Предеина Р.А., Дианова Д.Г. Экспериментальная оценка влияния фенолов на иммунорегуляцию EX VIVO // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 1. – С. 83–87.
2. Зайцева Н.В., Дианова Д.Г., Долгих О.В. Особенности апоптоза у детей при хроническом аэрогенном воздействии фенола // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 2. – С. 56–59.
3. Измеров Н.Ф. Профессиональный отбор в медицине труда // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 3. – С. 1–5.
4. Иммунологические и генетические маркеры внешнесредовой экспозиции стронцием / К.Г. Горшкова, О.А. Бубнова, Е.Д. Маерова, О.В. Долгих // Санитарный врач. – 2014. – № 3. – С. 72–74.
5. Особенности генетического полиморфизма у женщин с угрозой невынашивания в условиях хронической аэрогенной экспозиции фенолами / О.В. Долгих, А.В. Кривцов, О.А. Бубнова, В.Б. Алексеев // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 4. – С. 77–81.
6. Патогенетические закономерности каскадного механизма развития хронических гастродуоденальных заболеваний у детей, обусловленных потреблением питьевой воды ненадлежащего качества по содержанию продуктов гиперхлорирования и марганца / О.Ю. Устинова, К.П. Лужецкий, О.А. Маклакова, М.А. Землянова, О.В. Долгих, Т.С. Уланова // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 3. – С. 61–70.
7. Approaches to the evaluation of chemical-induced immunotoxicity / K. Krzystyniak [et al.] // Environ Health Perspect. – 1995. – Vol. 103, suppl. 9. – P. 17–22.
8. Effects of resveratrol on human immune cell function / R. Falchetti [et al.] // Life Sci. – 2001. – Vol. 70, № 1. – P. 81–96.
9. Immunotoxicology: suppressive and stimulatory effects of drugs and environmental chemicals on the immune system / E. Gleichmann [et al.] // Arch. Toxicology. – 1989. – № 63. – P. 257–273.
10. Influence of air pollution on humoral immune response / R. Stiller-Winkler [et al.] // J. Clin. Epidemiol. – 1996. – Vol. 49 (5). – P. 527–534.
11. Xenobiotic-metabolizing enzymes in human respiratory nasal mucosa / P.G. Gervasi, V. Longo, F. Naldi, G. Panattoni, F. Ursino // Biochem Pharmacol. – 1991. – Vol. 41. – P. 177–184.
12. Zaitseva N.V., Dianova D.G., Dolgykh O.V. Effects of cellular immunity in conditions of surplus supply of strontium with consumed water // European journal of natural history. – 2014. – № 1. – С. 7–8.

References

1. Dolgikh O.V., Predeina R.A., Dianova D.G. Jeksperimental'naja ocenka vlijanija fenolov na immunoreguljaciju EX VIVO [Experimental assessment of phenols impact on the EX VIVO immune regulation]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2014, no 1, pp. 83–87.

2. Zajceva N.V., Dianova D.G., Dolgih O.V. Osobennosti apoptoza u detej pri hronicheskom ajerogennom vozdejstvii fenola [Peculiarities of apoptosis in children at chronic aerogenic exposure to phenol]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no 2, pp. 56–59.
3. Izmerov N.F. Professional'nyj otbor v medicine truda [Professional selection in the occupational medicine]. N.F. Izmerov. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*, 2006, no 3, pp. 1–5.
4. Gorshkova K.G., Bubnova O.A., Maerova E.D., Dolgih O.V. Immunologicheskie i geneticheskie markery vneshnesredovoj jekspozicii stronciem [Immunological and genetic markers of the external environmental exposure to strontium]. *Sanitarnyj vrach*, 2014, no 3, pp. 72–74.
5. Dolgih O.V., Krivcov A.V., Bubnova O.A., Alekseev V.B. Osobennosti geneticheskogo polimorfizma u zhenshin s ugrozoy nevnashivaniya v uslovijah hronicheskoy ajerogennoj jekspozicii fenolami [Peculiarities of genetic polymorphism in women with the threat of premature delivery in the conditions of chronic aerogenic exposure to phenols]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no 4, pp. 77–81.
6. Ustinova O.Ju., Luzheckij K.P., Maklakova O.A., Zemljanova M.A., Dolgih O.V., Ulanova T.S. Patogeneticheskie zakonomernosti kaskadnogo mehanizma razvitija hronicheskikh gastroduodenal'nyh zabolevanij u detej, obuslovlennyh potrebleniem pit'evoj vody nenadlezhashhego kachestva po sodержaniyu produktov giperhlorirovaniya i marganca [Pathogenetic regularities of cascade mechanism of the development of chronic gastroduodenal diseases in children stipulated by the consumption of potable water of improper quality under the content of hyperchlorination products and manganese]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2014, no 3, pp. 61–70.
7. Approaches to the evaluation of chemical-induced immunotoxicity. K Krzystyniak [et. al.]. *Environ Health Perspect*, 1995, no 103, suppl 9, pp. 17–22.
8. Effects of resveratrol on human immune cell function. R. Falchetti [et. al.]. *Life Sci.*, 2001, vol. 70, no 1, pp. 81–96.
9. Immunotoxicology: suppressive and stimulatory effects of drugs and environmental chemicals on the immune system. E. Gleichmann [et. al.]. *Arch. Toxicology*, 1989, no 63, pp. 257–273.
10. Influence of air pollution on humoral immune response. Stiller-Winkler R [et. al.]. *J. Clin. Epidemiol*, 1996, 49 (5), pp. 527–534.
11. Gervasi P.G., Longo V., Naldi F., Panattoni G., Ursino F. Xenobiotic-metabolizing enzymes in human respiratory nasal mucosa. *Biochem Pharmacol*, 1991, vol. 41, pp. 177–184.
12. Zaitseva N.V., Dianova D.G., Dolgikh O.V. Effects of cellular immunity in conditions of surplus supply of strontium with consumed water. *European journal of natural history*, 2014, no 1, pp. 7–8.

CHARACTERIZATION OF THE GENOTYPES OF CHILDREN AND ADULTS RESIDING IN THE CONDITIONS EXPOSED TO THE CHEMICAL RISK FACTORS

O.V. Dolgikh^{1,2,3}, **A.V. Krivtsov**¹, **O.A. Bubnova**^{1,3}, **K.G. Starkova**¹,
V.A. Luchnikova¹, **E.A. Pirogova**¹

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

² Perm National Research Polytechnic University, Russian Federation, Perm, 29, Komsomolsky prospekt, 614990,

³ Perm State National Research University, Russian Federation, Perm, 15, Bukireva St., 614990

We conducted the comparative assessment of the results of immune diagnostics and analysis of polymorphism of genes in children exposed to the aero-technogenic contaminants with the genotypes of their parents. We established the genetic polymorphism of detoxication genes CYP1A1, CPOX, SULT1A1 as well as the alternative allelism of genes characterizing the condition of the endothelium of vessels (VEGF and eNOS) both for children and their parents. The presented data evidence the genetic fixation of minor genotypes of parents in children exposed to the chemical risk factors.

Key words: aerogenic external environmental load, polymorphism of genes, genetic fixation, detoxication genes, risk factors.

© Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Bubnova O.A., Starkova K.G., Luchnikova V.A., Pirogova E.A., 2015

Dolgikh Oleg Vladimirovich – doctor of medical sciences, professor, head of immune-biological diagnostic methods department, professor of the human ecology and life safety department, professor of the environment protection department (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel. (342) 236-39-30).

Krivtsov Aleksandr Vladimirovich – candidate of medical science, head of immunogenetics laboratory (e-mail: krivtsov@fcrisk.ru; tel. (342) 236-39-30).

Bubnova Olga Alekseevna – junior research assistant of the immune-biological diagnostic methods department (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel. (342) 236-39-30).

Starkova Kseniya Gennadyevna – candidate of medical science, head of immunology and allergology laboratory (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel. (342) 236-39-30).

Luchnikova Viktoria Aleksandrovna – junior research assistant of the immune-biological diagnostic methods department, associate professor of the human ecology and life safety department (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel. (342) 236-39-30).

Pirogova Elena Alekseevna – junior research assistant of the immune-biological diagnostic methods department (e-mail: oleg@fcrisk.ru; tel. (342) 236-39-30).

УДК 614.777

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНАХ РЕКРЕАЦИИ

Е.В. Дроздова, С.И. Сычик, В.В. Бурая, Н.В. Дудчик, А.В. Фираго, Т.З. Волк

РУП «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Республика Беларусь, 220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 8

Дана оценка микробиологических показателей безопасности водных объектов при использовании их в рекреационных целях, выделены эпидемиологически значимые параметры. С целью валидации индикаторных показателей безопасности с учетом конкретных сложившихся условий рекреационного водопользования проведена гигиеническая оценка воды водных объектов, используемых в рекреационных целях, по индикаторным микробиологическим показателям (ОМЧ, ТКБ, E. coli; энтерококки, споры сульфитредуцирующих клостридий; колифаги; Ps.aeruginosa), содержанию патогенных микроорганизмов, идентифицирован микробиологический профиль воды. Полученные данные будут использованы для совершенствования системы мониторинга водных объектов в зонах рекреации.

Ключевые слова: рекреационное водопользование, поверхностные водные объекты, мониторинг, оценка рисков, микробиологические риски здоровью, индикаторные микроорганизмы.

Значительное количество водных объектов в республике создает предпосылки для дальнейшего развития рекреации в стране [11]. По официальным данным в Республике Беларусь функционируют более 800 организованных пляжей, используемых населением в культурно-оздоровительных целях. Вблизи водоемов и водотоков в настоящий момент действуют 18 зон отдыха республиканского значения, вдоль рек сосредоточены объекты отдыха, в которых создано около 109 тысяч мест. В то же время ежегодно в плавательный сезон до 30 % пляжей закрываются для населения по причине несоответствия гигиеническим нормативам, в первую очередь – по микробиологическим показателям, что свидетельствует об актуальности проблемы безопасного рекреационного использования водных ресурсов. Отсутствие доступного объекта рекреации снижает качество жизни насе-

ления в летний период жизни, туристический потенциал страны, а запрет на купание, как правило, повышает вероятность несанкционированного отдыха населения, что также ведет к росту рисков здоровью населения. Практика последних лет показывает, что регламентируемые действующими нормативными документами подходы для оперативного отслеживания ситуации, принятие решения о введении (отмене) ограничительных мер требуют актуализации [1, 9].

Вышеизложенное определяет значимость научно-исследовательской работы, выполняемой по заданию 01.04. ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» на 2013–2015 гг. На основании результатов экспериментальных исследований будет научно обоснована методология оценки рисков для здоровья населения при рекреационном водопользовании, принимающая во внимание сте-

© Дроздова Е.В., Сычик С.И., Бурая В.В., Дудчик Н.В., Фираго А.В., Т.З. Волк, 2015

Дроздова Елена Валентиновна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: drozdovaev@mail.ru; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

Сычик Сергей Иванович – кандидат медицинских наук, доцент, директор (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 03 87).

Дудчик Наталья Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией микробиологии (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 85).

Бурая Валентина Владимировна – старший научный сотрудник лаборатории питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: water@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

Фираго Анна Владимировна – стажер младшего научного сотрудника лаборатории питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

Волк Татьяна Здиславовна – младший научный сотрудник лаборатории питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

пень рекреационной нагрузки на водоем, виды рекреационного водопользования (контактные/неконтактные), тип водного объекта, наличие объектов отдыха на водном объекте. Применение методологии оценки рисков с учетом конкретных сложившихся условий рекреационного водопользования позволит усовершенствовать действующую в Республике Беларусь систему мониторинга поверхностных вод, используемых в рекреационных целях. В настоящей статье представлены промежуточные результаты данной работы по анализу микробиологических показателей безопасности водных объектов с целью оценки индикаторных показателей безопасности рекреационного водопользования.

Материалы и методы. Обоснование дизайна эксперимента. Поверхностные воды, используемые в рекреационных целях, могут содержать множество как патогенных, так и условно-патогенных микроорганизмов. Согласно ВОЗ, наиболее частым последствием для здоровья, ассоциирующимся с воздействием загрязненных отходами жизнедеятельности человека рекреационных вод, являются заболевания тонкого кишечника. Отмечены причинно-следственные связи между фекальным загрязнением или загрязнением, попавшим в воду от купальщиков, и инфекциями уха, а также острым лихорадочным респираторным заболеванием (далее – ОРЛЗ), которое является еще более тяжелым последствием для здоровья, чем гастроэнтерит [12, 18, 20, 29].

Основным источником микробного загрязнения поверхностных вод являются сточные воды. Микробиологический состав сточных вод зависит, с одной стороны, от целого ряда социальных аспектов – численности населения, уровня социального развития и характера питания, с другой – от содержания органических веществ, химического состава, температуры, pH. Оказывают влияние также климатические условия, время года и др. [18, 19].

Среди содержащихся в сточных водах микроорганизмов в значительном количестве присутствуют патогенные и условно-патогенные виды. Из патогенных микроорганизмов наиболее часто обнаруживаются представители родов *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Listeria*, *Leptospira*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, из условно-патогенных – *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Plesiomonas*, *Campylobacter*, *Staphylococcus* и *Streptococcus*. Общая микробная обсемененность неочищенных сточных вод составляет

$2,5 \cdot 10^5$ – $1,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл, содержание *S. faecalis* $1 \cdot 10^2$ – $6 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *S. aureus* – $6 \cdot 10^1$ – $6 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, энтеробактерий – $4 \cdot 10^4$ – $2 \cdot 10^6$ КОЕ/мл, сальмонелл в хозяйственно-бытовых сточных водах – на уровне $2,4 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, бактерий рода *Vibrio* в сточных водах не более 10 в 1 мл.

Среди разнообразных видов патогенных микроорганизмов особую опасность для здоровья человека представляют возбудители кишечных инфекций, которые могут распространяться водным путем и стать причиной развития таких заболеваний, как брюшной тиф, паратифы, сальмонеллез, дизентерия, холера, лептоспирозы, кампилобактериоз, кишечные иерсиниозы, вирусные гепатиты, полиомиелит, кишечные энтеровирусные инфекции и др.

Контаминирование сточных вод патогенными микроорганизмами осуществляется в большинстве случаев бактерионосителями, составляющими 1–2 % населения, больными стертыми формами инфекционных болезней и лицами, находящимися в инкубационном периоде заболеваний. В распространении сальмонелл значительное место принадлежит отходам птицефабрик, боен, кожевных заводов, скотных дворов, чья контаминация этими бактериями достигает почти 100 %. Микробиологические исследования по определению тифопаразитарных бактерий в пробах сточных вод, отобранных из городской канализационной сети, показали, что в 68,4 % обнаружены сальмонеллы различных сероваров. Сальмонеллы были выявлены в 31,3 % – медицинских учреждений, 66,7 % проб сточных вод скотобоен и 87,5 % – птицебоен. По данным исследований различных авторов, из хозяйственно-бытовых сточных вод выделили и серотипировали более 2600 штаммов сальмонелл, которые принадлежали от 23 до 38 сероварам, однако доминирующим оказался вид *S. typhimurium*.

Потенциальная опасность бытовых сточных вод связана также с их контаминацией кишечными вирусами. В настоящее время известно более 100 видов патогенных для человека вирусов, которые выделяются из организма человека и контаминируют сточные воды, это – энтеровирусы, полиовирусы, вирус гепатита А, вирусы Коксаки А и В, ЕСНО, ротавирусы, реовирусы и аденовирусы. Они по признаку локализации относятся к кишечным вирусам и выделяются в 80–100 % проб сточных вод. Выделение кишечных вирусов в сточные воды больными и реконвалесцентами может продолжаться

несколько месяцев. Из группы энтеровирусов в сточных водах постоянно содержатся вирусы полиомиелита, Коксаки, ЕСНО, причем типовой состав энтеровирусов сточных вод соответствует таковому населения данной местности. До 90 % выделенных штаммов поливирусов составляют вакцинные штаммы. Концентрация кишечных вирусов в воде колеблется в зависимости от эпидемической обстановки, эффективности очистки и обеззараживания сточных вод и может варьироваться от 10^3 до 10^6 вирионов в литре неочищенной сточной воды и от 10^2 до 10^3 в литре воды поверхностных водоемов в сезон подъема заболеваемости кишечными вирусными инфекциями. Этапы осветления и обесцвечивания воды на водопроводных сооружениях централизованных систем питьевого водоснабжения не обеспечивают полного удаления вирусов. Эффект задержки ДНК-содержащих колифагов составляет 97–99 %, а полиовируса – 83–93 % в сравнении с концентрацией в исходной воде. В этой связи необходимо обеззараживание питьевой воды, обеспечивающее инактивацию вирусов на 100 %.

Частота выделения вирусов из неочищенных сточных вод составляет 90–100 % от количества исследованных проб при концентрации колифагов до 10^4 БОЕ/100 мл исследуемой воды. После механической очистки частота выделения вирусов может незначительно возрастать за счет дезагрегирования крупных конгломератов и реадсорбции вирусов. После биологической очистки на станциях аэрации частота выделения энтеровирусов обычно снижается до 40 %, при этом вирусы удаляются на 75 %, а ДНК-содержащие колифаги – на 90 %. Содержание и частота выделения кишечных вирусов из водных объектов и питьевой воды может значительно различаться, что определяется сезонностью распространения различных групп вирусов в течение года, санитарно-гигиенической и эпидемической ситуацией в верхних участках водотока, нарушением технологии очистки, обеззараживания питьевых и сточных вод, авариями на водопроводных или канализационных очистных станциях, возникновением вспышки вирусных инфекций водного происхождения на данной территории.

Жизнеспособность патогенных микроорганизмов в сточных водах, наряду с качественным и количественным составом микрофлоры, во многом определяют их эпидопасность. На их выживаемость оказывают влияние многие факторы: содержание в воде антагонистически ак-

тивной микрофлоры и фагов, наличие примесей и органических веществ, температура, pH, инсоляция, концентрация растворенного кислорода, видовые и штаммовые особенности патогенных микроорганизмов. Патогенные микроорганизмы сохраняют жизнеспособность и инфекционную активность в воде в течение длительного периода, например, *Campylobacter* – до 10 суток, *Shigella spp* – до 2 месяцев, энтеровирусы – до года.

При исследовании видового состава городских смешанных сточных вод г. Минска также были выделены представители рода *Klebsiella* (виды *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. ozenae*), рода *Enterobacter* (*E. agglomerans*, *E. cloacae*, *E. aerogenes*), рода *Citrobacter* (*C. freundii*). Среди бактерий рода *Campylobacter* преобладали *C. coli* и *C. jejuni*. Бактерии рода *Streptococcus* в основном были представлены энтерококками (60,5 %). Исследованные городские смешанные сточные воды г. Минска в 85 % проб показали ПЦР-позитивную реакцию на наличие энтеровирусов. В сточных водах ЛПУ в значительном количестве присутствовали патогенные и условно-патогенные виды. Из патогенных микроорганизмов наиболее часто обнаруживались представители родов *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Listeria*, *Bacillus*, из условно-патогенных – *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Plesiomonas*, *Campylobacter*, бактерии родов *Staphylococcus* и *Streptococcus*. Общая микробная обсемененность неочищенных сточных вод лечебно-профилактических учреждений составила $(4,5 \pm 1,0) \cdot 10^6$ КОЕ/мл. Содержание сальмонелл определялось на уровне $2,4 \cdot 10^3$ КОЕ/100 мл. Энтеровирусы обнаруживались в 40 % проб. При исследовании видового состава сточных вод мясокомбинатов были выявлены представители рода *Klebsiella*, которые были представлены видами *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. ozenae*, рода *Enterobacter* – *E. agglomerans*, *E. cloacae*, *E. aerogenes*, а также рода *Citrobacter* – *C. freundii*. Колифаги были определены на уровне $(4,1 \pm 0,6) \cdot 10^4$ БОЕ/100 мл, энтеровирусы обнаружены в 60 % проб.

Показано, что выделенные из сточных вод штаммы микроорганизмов обладают резистентностью к различным видам антибиотиков. Выделены штаммы бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, обладающие высокой устойчивостью к ампицилину, тетрациклину, а также умеренной устойчивостью к хлорамфениколу (левомицетину).

Прямое обнаружение возбудителей инфекционных заболеваний в природных водах имеет ряд трудностей, основными из которых являются непостоянство и неравномерность нахождения патогенных микроорганизмов в окружающей среде (особенно в межэпидемический период), меньшая численность в объектах патогенных микроорганизмов по сравнению с непатогенными, конкурентное (антагонистическое) действие непатогенных микроорганизмов в отношении патогенных на питательных средах и др. В связи с этим общепринятой практикой во всем мире является осуществление текущего контроля непрямым путем – по определению в пробах индикаторных микроорганизмов. При несоответствии проб нормативу проводится анализ на содержание патогенных организмов.

В настоящее время в категорию индикаторных микроорганизмов включены представители кишечной микрофлоры человека: бактерии группы кишечной палочки (в группу входят бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, родов *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*), фекальные кишечные палочки, энтерококки (фекальные стрептококки), клостридии, бактерии рода протей, колифаги (фаги кишечной бактерии). Показано наличие тесной прямой корреляционной связи между количеством санитарно-показательных микроорганизмов и частотой обнаружения сальмонелл в сточных водах городов. Наиболее часто сальмонеллы обнаруживались при количестве БПК более 10^4 КОЕ/л и энтерококков 10^3 КОЕ/л. Обнаружение колиформных бактерий, энтерококков и колифагов является показателем свежего фекального загрязнения. Несоответствие характеристик воды допустимым уровням колифагов свидетельствует о возможном присутствии энтеровирусов в данной пробе.

ВОЗ предлагает осуществлять контроль рекреационных вод на основании использования таких показателей, как содержание в пробах воды кишечной палочки (для пресных вод) и энтерококка (для морских вод). Рекомендуемые ориентировочные величины выражаются через 95-ю процентиль количеств индикаторных микроорганизмов на 100 мл и представляют собой доступные для понимания уровни риска, основанные на условиях, в которых происходило воздействие в ключевых исследованиях [18].

В Евросоюзе после вступления в силу Директивы 2006/7/ЕС от 15.02.2006 г. осуществлен переход на использование новых подходов

к ведению контроля [4]. Для этих целей применяют лишь 2 микробиологических показателя (энтерококки и кишечная палочка), которые расцениваются как «наиболее надежные индикаторные показатели для предупреждения микробиологических рисков для здоровья человека и достижения высокой степени защиты». На основании результатов микробиологических исследований воды для купания относят к 4 классам.

В Республике Беларусь [3] и в странах СНГ согласно действующим техническим нормативным правовым актам индикаторами микробного показателями являются термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ) и общие колиформные бактерии (ОКБ). В качестве индикатора вирусного загрязнения вод используют определение колифагов, методика чего более проста, чем выделение энтеровирусов.

Таким образом, универсальных критериев и подходов к оценке безопасности по микробиологическим показателям нет [2, 6, 8, 10, 13–15, 21–28]. Согласно ВОЗ, рекомендуемые величины следует интерпретировать или модифицировать в свете региональных и/или местных факторов, таких как природа и степень тяжести местных эндемических заболеваний, поведение населения, картина воздействия, социокультурные, экономические, экологические и технические аспекты, соперничающий риск для здоровья от других заболеваний, не связанных с рекреационным водопользованием.

С учетом изложенного требуется проведение исследований по всем потенциальным индикаторным показателям с целью пересмотра и научного обоснования индикаторных показателей безопасности поверхностных вод, используемых в рекреационных целях с учетом конкретных сложившихся условий рекреационного водопользования в Республике Беларусь.

Объект исследования. С целью выбора водных объектов для проведения экспериментальных исследований изучены данные лабораторных анализов проб воды в местах рекреационного водопользования, представленные учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор. Создана база данных по 90 районам республики. На основании анализа информации обоснован выбор типовых водных объектов, используемых в рекреационных целях, для проведения исследований. При выборе руководствовались следующими параметрами: 1) тип водного объекта (проточные/непроточные); 2) ранг рекреационного использования водного

объекта (республиканский, местный уровень); 3) степень рекреационной нагрузки на водоем; 4) преобладающие на данном водном объекте виды рекреационного водопользования (контактные/неконтактные); 5) наличие объектов отдыха в зоне; 6) степень санитарной надежности водных объектов (по данным санитарной службы).

Запланированы обследования поверхностных водных объектов, используемых в рекреационных целях (преимущественно на территории Минской области), в течение 2 рекреационных сезонов, общий объем исследований составит более 300 проб.

Объектами исследования в 2013–2014 гг. являлись водные объекты на территории Минской области и г. Минска: крупные реки (Неман в районе Столбцов, Березина (Борисов), Птичь, Случь (Солигорск)), средние и мелкие реки (Исlochь, Ольшанка (Воложин), Бобр, Шать (Пуховичи)), а также водохранилища Заславское, Комсомольское, Цнянское, Дрозды, Вяча, Смолевическое, Солигорское, Тимковичское, Краснослободское. Проведены экспедиционные выезды и обследования водных объектов в зонах рекреации в разгар купального сезона (июнь–август), отобраны пробы воды для микробиологического анализа в местах для купания и выше места купания.

Дизайн эксперимента. Исследования проб воды проведены по широкому перечню потенциальных индикаторных показателей безопасности: общее микробное число (ОМЧ) в 1 мл; общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ); *E. coli*; энтерококки в 100 мл; споры сульфитредуцирующих клостридий; колифаги; *Ps. aeruginosa*. Кроме того, в пробах определяли содержание патогенных микроорганизмов и идентифицировали микробиологический профиль воды.

Исследования проводились в соответствии с [5, 7, 10]. При осуществлении испытаний использовали стандартное оборудование для микробиологических лабораторий. В работе применяли следующие реактивы и питательные среды: агар микробиологический, бромтимоловый синий, глюкоза, калия гидроксид, мясopептонный агар, мясopептонный бульон, набор реактивов для окраски по Граму, α -нафтол, пептон сухой ферментативный для бактериологических целей, системы индикаторные бумажные СИБ-глюкоза, СИБ-оксидаза, фуксин-сульфитная среда Эндо, фенилендиаминовые соединения (тетраметил-пара-фенилендиамин гидрохлорид или диметил-пара-фенил-

едиамин солянокислый), агар Клиглера, агар Эндо, агар Плоскирева.

К ОКБ относили грамотрицательные, оксидазоотрицательные, не образующие спор палочки, способные расти на дифференциальных лактозных средах, ферментирующие лактозу до кислоты и газа при температуре 37 ± 1 °C в течение 24–48 часов. К ТКБ относили бактерии, обладающие признаками ОКБ, а также способные ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре $44 \pm 0,5$ °C в течение 24 ± 2 ч.

Метод основан на фильтрации установленного объема воды через мембранные фильтры с последующим культивированием на селективной среде, с идентификацией и учетом выросших бактерий. Принадлежность изолятов к ОКБ и ТКБ определяли по отсутствию оксидазной активности, отношению к окраске по Граму, подтверждение способности ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре при температуре 37 ± 1 °C в течение 24–48 ч и $44 \pm 0,5$ °C в течение 24 ± 2 ч. ТКБ, продуцирующие индол из триптофана при $44 \pm 0,5$ °C, относили к *Escherichia coli*. Принадлежность изолятов к энтерококкам определяли визуально, по отсутствию каталазной активности, отношению к окраске по Граму. Колонии, характерные для энтерококков: выпуклые, с ровными краями, розовые, светло-розовые, равномерно окрашенные или с темно-красным не четко оформленным центром.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали, что во всех образцах выявлены общие колиформные бактерии, в 71,4 % образцов – термотолерантные колиформные бактерии в количестве более 300 КОЕ/100 мл, из них в 93,3 % обнаружены *Escherichia coli*. Далее проводилась идентификация колоний, выросших на дифференциально-диагностических средах и отнесенных к общим и термотолерантным колиформным бактериям. Изолированные колонии пересеивались на чашки с недифференцированным питательным агаром МПА для получения суточной монокультуры бактерий и инкубировались при температуре 37 ± 1 °C в течение 24 ± 2 ч. После микроскопии окрашенных по Граму мазков проводилась идентификация бактерий с использованием микробиологического биохимического анализатора VITEK (Biomerieux). Были выявлены представители родов *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*. Проведена идентификация патогенных микроорганизмов.

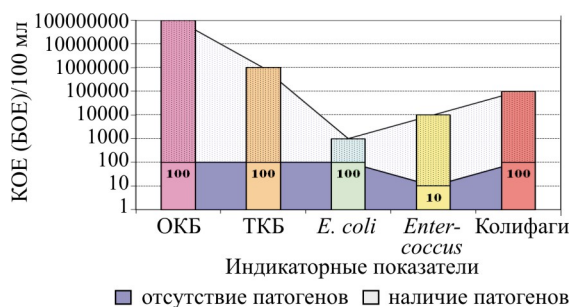


Рис. Зависимость значений показателей индикаторных микроорганизмов и наличия патогенных микроорганизмов в воде водоемов

Промежуточные результаты показали, что при значениях ОКБ и ТКБ до 100 КОЕ/100 мл, энтерококков и *E. coli* до 10 КОЕ/100 мл наблюдалось полное отсутствие патогенных микроорганизмов в обеззараживаемых сточных водах, при

определении колифагов на уровне 100 БОЕ/100 мл и менее в исследованных пробах энтеровирусы не обнаруживались (рисунок).

Выводы. Полученные результаты будут использованы для оценки индикаторных микробиологических показателей безопасности в динамике рекреационного периода, их репрезентативности, в том числе в зависимости от типа используемых водоемов и нагрузки на водоем.

При выборе индикаторных микроорганизмов следует руководствоваться следующими условиями: они должны легко обнаруживаться и идентифицироваться; иметь схожую с патогенными организмами природу; присутствовать в воде в больших количествах, чем патогенные организмы; иметь жизнестойкость такую же или лучшую, чем у патогенных организмов; быть непатогенными.

Список литературы

1. Амвросьева Т.В., Богуш З.Ф. Вирусное загрязнение водных объектов: проблемы и перспективы их санитарно-вирусологического контроля // Вода. – 2008. – № 12. – С. 10–13.
2. Бухарин О.В., Немцева Н.В. Новые микробиологические подходы к анализу санитарно-гигиенического и экологического состояния природных водоемов // Гигиена и санитария. – 2002. – № 5. – С. 22–24.
3. Гигиенические требования к содержанию и эксплуатации водных объектов при использовании их в рекреационных целях: санитарные нормы и правила / утв. МЗ РБ пост. № 238 от 30.12.2008. – Минск, 2008.
4. Директива 2006/7/ЕС от 15 февраля 2006 г. касающаяся управления качеством вод для купания [Электронный ресурс]. – URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32006L0007> (дата обращения: 27.01.2015).
5. Критерии безопасности для здоровья населения водных объектов Республики Беларусь, используемых в рекреационных целях: инструкция по применению № 139-1207 / утв. гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 21.01.2008. – Минск, 2008.
6. Мамина Л.В. Методика оценки состояния рекреационных водоемов урбанизированных территорий: санитарно-гигиенический аспект // Социально-экологические технологии. – М., 2003. – С. 103–107.
7. Методы обнаружения возбудителей кишечных инфекций бактериальной природы в воде питьевой, открытых водоемов, бассейнов и в сточных водах: инструкция по применению № 025–0309 / утв. гл. гос. сан. врачом РБ 19.03.2010. – Минск, 2010.
8. Оценка качества воды по биологическим показателям: пути совершенствования / А.Г. Бойцов, О.Н. Ластовка, Г.П. Кашкарова, О.Е. Благова // Гигиена и санитария. – 2005. – № 1. – С. 74–77.
9. Результаты гигиенической оценки воды водных объектов в зонах рекреации по микробиологическим показателям как основа для научного обоснования индикаторных показателей безопасности / Е.В. Дроздова, В.В. Бурая, Т.О. Козлова, А.В. Фираго // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И.Сычик. – Минск: ГУ «РНМБ», 2014. – Вып. 24. – Т. 1. – С. 7–11.
10. Санитарно-бактериологический, санитарно-вирусологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водоемов: инструкция по применению № 037-0409 / утв. гл. гос. сан. врачом РБ 08.05.2009. – Минск, 2009.
11. Туристско-рекреационный потенциал и зонирование реки Западная Двина для целей устойчивого природопользования / Н.С. Шевцова, Г.И. Марцинкевич, Е.В. Дроздова, Е.В. Шушкова // Природные ресурсы. – 2011. – № 2. – С. 92–102.
12. Assessing microbial safety of drinking water. Improving approaches and methods. – OECD, Geneva, 2003. – 295 p.
13. Association of gastrointestinal illness and recreational water exposure at an inland U.S. beach / J.W. Marion, J. Lee, S. Lemeshow, T.J. Buckley // Water Res. – 2010. – Vol. 44 (16). – P. 4796–4804.
14. Comparison of Fecal Indicator Bacteria Densities in Marine Recreational Waters by QPCR / E.C. Chern, K.P. Brenner, L. Wymer, R.A. Haugland // Water Quality Exposure and Health. – 2009. – Vol. 1. – P. 203–214.
15. Elevated bathing-associated disease risks despite certified water quality: a cohort study / P. Papastergiou, V. Mouchtouri, O. Pinaka, A. Katsiaflaka, G. Rachiotis, Ch. Hadjichristodoulou // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2012. – Vol. 9. – P. 1548–1565.

16. Estimating the primary ethiologic agents in recreational freshwaters impacted by human sources of faecal contamination / J.A. Soller, T. Bartrand, N.J. Ashbolt, J. Ravenscroft, T.J. Wade // *Water Res.* – 2010. – Vol. 44. – P. 4736–4747.
17. Evaluation of rapid methods and novel indicators for assessing microbiological beach water quality / J.F. Griffith, Y. Cao, C.D. McGee, S.B. Weisberg // *Water Res.* – 2009. – Vol. 43 (19). – P. 4900–4907.
18. Guidelines for safe recreational water environments. – Vol. 1. Coastal and fresh waters. – WHO, Geneva, 2003. – 219 p.
19. Haas C.N., Rose J.B., Gerba C.P. *Quantitative Microbial Risk Assessment*. – New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
20. Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of new approach (The Annapolis Protocol). Outcome of an expert consultation, Annapolis, USA Co-sponsored by USEPA. – Geneva, 1999. – 50 p.
21. High sensitivity of children to swimming-associated gastrointestinal illness: results using a rapid assay of recreational water quality / T.J. Wade, R.L. Calderon, K.P. Brenner, E. Sams, M. Beach, R. Haugland, L. Wymer, A.P. Dufour // *Epidemiology*. – 2008. – Vol. 19 (3). – P. 375–383.
22. Large-scale freshwater microbiological study: rationale, results and risks / D. Till, G. McBride, A. Ball, K. Taylor, E. Pyle // *Journal of Water and Health*. – 2008. – Vol. 6.4. – P. 443–460.
23. Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. Microbial agents associated with waterborne diseases // *Crit. Rev. Microbiol.* – 2002. – Vol. 28 (4). – P. 371–409.
24. Meeting Report: knowledge and gaps in developing microbial criteria for inland recreational waters / S. Dorevitch, N. Ashbolt, Ch. Ferguson, R. Fujioka, Ch. McGee, J. Soller, R. Whitman // *Environmental Health Perspectives*. – 2010. – Vol. 118, № 6. – P. 871–876.
25. Pruss A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water // *Int. J. of Epidemiology*. – 1998. – Vol. 27. – P. 1–9.
26. Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness / T.J. Wade, R.L. Calderon, E. Sams, M. Beach, K.P. Brenner, A.H. Williams, A.P. Dufour // *Environmental Health Perspectives*. – 2006. – Vol. 114, № 1. – P. 24–28.
27. Stewart J. R., Gast R. J., Fujioka R. S. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs // *Environmental Health*. – 2008. – Vol. 7 (Suppl. 2). – P. 53–66.
28. Water ingestion during water recreation / S. Dorevitch, S. Panthi, Y. Huang, H. Li, A. Michalek, P. Pratap, M. Wroblewski, L. Liu, P. Scheff, A. Li // *Water Res.* – 2011. – Vol. 45 (5). – P. 2020–2028.
29. Water recreation and disease. Plausibility of Associated infections: acute effects, sequelae and mortality. – WHO, London, 2005. – 239 p.
30. Water quality indicators and the risk of illness at beaches with nonpoint sources of fecal contamination / J.M. Colford, T.J. Wade, K.C. Schiff, C.C. Wright, J.F. Griffith, S.K. Sandhu, S. Burns, M. Sobsey, G. Lovelace, S.B. Weisberg // *Epidemiology*. – 2007. – Vol. 18. – P. 27–35.

References

1. Amvros'eva T.V., Bogush Z.F. Virusnoe zagryaznenie vodnyh ob#ek-tov: problemy i perspektivy ih sanitarno-virusologicheskogo kontrolja [Viral contamination of water bodies: problems and prospects of their sanitary and virological control]. *Voda*, 2008, no 12, pp. 10–13.
2. Buharin O.V., Nemceva N.V. Novye mikrobiologicheskie podhody k analizu sanitarno-gigienicheskogo i jekologicheskogo sostojanija prirodnyh vodoemov [New microbiological approaches to the analysis of sanitary-hygienic and environmental condition of natural water reservoirs]. *Gigiena i sanitarija*, 2002, no 5, pp. 22–24.
3. Sanitarnye normy i pravila «Gigienicheskie trebovanija k soder-zhaniju i jekspluatacii vodnyh ob#ektov pri is-pol'zovanii ih v rekreacion-nyh celjah» [Sanitary norms and regulations “Hygienic requirements to the maintenance and operation of water objects during their use for recreational purposes”]. utv. MZ RB post. № 238 ot 30.12.2008. Minsk, 2008.
4. Direktiva 2006/7/ES ot 15 fevralja 2006 g. kasajushhajasja upravljenija kachestvom vod dlja kupanija [Directive 2006/7/EC dd. February 2006 on the bathing water quality management]. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32006L0007>.
5. Kriterii bezopasnosti dlja zdorov'ja naselenija vodnyh ob#ektov Respubliki Belarus', ispol'zuemyh v rekreacionnyh celjah: instrukcija po primeneniju № 139–1207 [Criteria of safety for the health of population of the water bodies of the Republic of Belarus used for recreational purposes: application instructions No. 139–1207]. utv. Gl. gos. san. vrachom Resp. Belarus' 21.01.2008. Minsk, 2008.
6. Mamina L.V. Metodika ocenki sostojanija rekreacionnyh vodoemov urbanizirovannyh territorij: sanitarno-gigienicheskij aspekt [Methods for the assessment of conditions of the recreation water reservoirs at the urban lands: sanitary and hygienic aspect]. *Social'no-jekologicheskie tehnologii*, Moscow, 2003, pp. 103–107.
7. Instrukcija po primeneniju № 025–0309. Metody obnaruzhenija vzbuditelej kishechnyh infekcij bakte-rial'noj prirody v vode pit'evoj, otkrytyh vodoemov, bassejnov i v stochnyh vodah [Application instructions No. 025–0309. Methods for detection of activators of intestinal infections of bacterial origin in the potable water, open water reservoirs, basins and waste water]. utv. Gl. gos. san. vrachom RB 19.03.2010. Minsk, 2010.

8. Bojcov A.G., Lastovka O.N., Kashkarova G.P., Blagova O.E. Ocenka kachestva vody po biologicheskim pokazateljam: puti sovershenstvovaniya [Water quality assessment under the biological indicators: the ways of improvement]. *Gigiena i sanitariya*, 2005, no 1, pp. 74–77.
9. Drozdova E.V., Buraja V.V., Kozlova T.O., Firago A.V. Rezul'taty gigienicheskoy ocenki vody vodnykh ob'ektov v zonah rekreacii po mikrobiologicheskim pokazateljam kak osnova dlja nauchnogo obosnovaniya indikatornykh pokazatelej bezopasnosti [Results of the hygienic assessment of water of water bodies in the recreation areas under the microbiological indicators as the basis for the scientific justification of the indicative safety values]. *Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda: sb. nauch. tr. / Resp. nauch. – prakt. centr gigieny; gl. red. S.I.Sychik. Minsk: GU «RNMB»*, 2014, issue 24, vol. 1, pp. 7–11.
10. Instrukcija po primeneniju № 037–0409. Sanitarno-bakteriologicheskij, sanitarno-virusologicheskij i sanitarno-parazitologicheskij analiz vody poverhnostnykh vodoemov [Application instructions No. 037–0409. Sanitary-bacteriological, sanitary-virological and sanitary-parasitological analysis of water in the surface water reservoirs], utv. Gl. gos. san. vrachom RB 08.05.2009. Minsk, 2009.
11. Shevcova N.S., Marcinkevich G.I., Drozdova E.V., Shushkova E.V. Turistsko-rekreacionnyj potencial i zonirovaniye reki Zapadnaya Dvina dlja celej ustojchivogo prirodnopol'zovaniya [Tourist and recreation potential and zoning of Zapadnaya Dvina River for the purposes of sustainable use of natural resources]. *Prirodnye resursy*, 2011, no 2, pp. 92–102.
12. Assessing microbial safety of drinking water. Improving approaches and methods. OECD, Geneva, 2003, 295 p.
13. Marion J.W., Lee J., Lemeshow S., Buckley T.J. Association of gastrointestinal illness and recreational water exposure at an inland U.S. beach. *Water Res.*, 2010, vol. 44 (16), pp. 4796–4804.
14. Chern E.C., Brenner K.P., L. Wymer, Haugland R.A. Comparison of Fecal Indicator Bacteria Densities in Marine Recreational Waters by QPCR. *Water Quality Exposure and Health*, 2009, vol. 1, pp. 203–214.
15. Papastergiou P., Mouchtouri V., Pinaka O., Katsiaflaka A., Rachiotis G., Hadjichristodoulou Ch. Elevated bathing-associated disease risks despite certified water quality: a cohort study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2012, vol. 9, pp. 1548–1565.
16. Soller J.A., Bartrand T., Ashbolt N.J., Ravenscroft J., Wade T.J. Estimating the primary etiologic agents in recreational freshwaters impacted by human sources of faecal contamination. *Water Res.*, 2010, vol. 44, pp. 4736–4747.
17. Griffith J.F., Cao Y., McGee C.D., Weisberg S.B. 2009. Evaluation of rapid methods and novel indicators for assessing microbiological beach water quality. *Water Res.*, vol. 43 (19), pp. 4900–4907.
18. Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 1 Coastal and fresh waters, WHO, Geneva, 2003, 219 p.
19. Haas CN, Rose JB, Gerba CP. 1999. Quantitative Microbial Risk Assessment. New York: John Wiley & Sons, Inc.
20. Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of new approach (The Annapolis Protocol). Outcome of an expert consultation, Annapolis, USA Co-sponsored by USEPA. Geneva, 1999, 50 p.
21. Wade T.J., Calderon R.L., Brenner K.P., Sams E., Beach M., Haugland R., Wymer L., Dufour A.P. High sensitivity of children to swimming-associated gastrointestinal illness: results using a rapid assay of recreational water quality. *Epidemiology*, 2008, vol. 19 (3), pp. 375–383.
22. Till D., McBride G., Ball A., Taylor K., Pyle E. Large-scale freshwater microbiological study: rationale, results and risks. *Journal of Water and Health*, 2008, vol. 6.4, pp. 443–460.
23. Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. Microbial agents associated with waterborne diseases. *Crit Rev Microbiol.*, 2002, vol. 28 (4), pp. 371–409.
24. Dorevitch S., Ashbolt N., Ferguson Ch., Fujioka R., McGee Ch., Soller J., Whitman R. Meeting Report: knowledge and gaps in developing microbial criteria for inland recreational waters. *Environmental Health Perspectives*, 2010, vol. 118, no 6, pp. 871–876.
25. Pruss A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. *Int. J. of Epidemiology*, 1998, vol. 27, pp. 1–9.
26. Wade T.J., Calderon R.L., Sams E., Beach M., Brenner K.P., Williams A.H., Dufour A.P. Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness. *Environmental Health Perspectives*, 2006, vol. 114, no 1, pp. 24–28.
27. Stewart J. R., Gast R. J., Fujioka R. S. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs. *Environmental Health*, 2008, vol. 7 (Suppl. 2), pp. 53–66.
28. Dorevitch S., Panthi S., Huang Y., Li H., Michalek A., Pratap P., Wroblewski M., Liu L., Scheff P., Li A. Water ingestion during water recreation. *Water Res.*, 2011, vol. 45 (5), pp. 2020–2028.
29. Water recreation and disease. Plausibility of Associated infections: acute effects, sequelae and mortality. WHO, London, 2005, 239 p.
30. Colford J.M., Wade T.J., Schiff K.C., Wright C.C., Griffith J.F., Sandhu S.K., Burns S., Sobsey M., Lovelace G., Weisberg S.B. Water quality indicators and the risk of illness at beaches with nonpoint sources of fecal contamination. *Epidemiology*, 2007, vol. 18, pp. 27–35.

EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF INDICATIVE MICROBIOLOGICAL VALUES FOR THE SAFETY OF WATER BODIES IN THE RECREATION AREAS

E.V. Drozdova, S.I. Sychik, V.V. Buraya, N.V. Dudchik, A.V. Firago, T.Z. Volk

RUE “Scientific Practical Centre of Hygiene” of the Ministry of Health
of the Republic of Belarus, the Republic of Belarus, Minsk, 8, Akademicheskaya St., 220012

The article provides the assessment of the microbiological values of water bodies if they are used for recreational purposes and distinguishes the epidemiologically significant parameters. In order to validate the indicative safety values taking into account the existing conditions of the recreational use of water we conducted the hygienic assessment of water in the water bodies used for recreational purposes under the indicative microbiological values (total microbial count, thermotolerant coliform bacteria, E. coli; enterococcus, spores of sulfite-reducing Clostridia; coliphages; Ps. aeruginosa) and the content of pathogenic microorganisms; also the microbiological profile of water was identified. The obtained data will be used to improve the system for monitoring of water bodies in the recreation areas.

Key words: recreational use of water, surface water bodies, monitoring, assessment of risks, microbiological health risks, indicative microorganisms.

© Drozdova E.V., Sychik S.I., Buraya V.V., Dudchik N.V., Firago A.V., Volk T.Z., 2015

Drozdova Elena Valentinovna – candidate of medical science, head of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: drozdovaev@mail.ru; tel. 8 (375 17) 284 13 86).

Sychik Sergey Ivanovich – candidate of medical science, associate professor, director (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 03 87).

Dudchik Natalia Vladimirovna – candidate of biological science, associate professor, head of microbiology laboratory (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 85).

Buraya Valentina Vladimirovna – senior research assistant of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: water@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 86).

Firago Anna Vladimirovna – trainee of the junior research assistant of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 86).

Volk Tatyana Zdislavovna – junior research assistant of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 86).

УДК 615.9:665.59

ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ПОВТОРНОМ ПОСТУПЛЕНИИ

В.М. Рубин, И.И. ИльюковаРУП «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь,
Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 8

Способность нефтепродуктов к инициированию кумулятивных эффектов оценивали в эксперименте при внутрижелудочном введении самцам белых крыс в течение месяца. Исследование кожно-резорбтивного действия выполняли «пробирочным» методом на коже хвостов крыс. Установлено, что нефтепродукты могут проникать через неповрежденные кожные покровы и вызывать общетоксическое действие. Отмечено снижение массы тела подопытных животных, негативное воздействие на функцию почек и печени, изменение гематологических показателей, а также активация системы антиоксидантной защиты организма.

Повторное внутрижелудочное введение не приводит к гибели животных, что свидетельствует об отсутствии у нефтепродуктов способности к кумуляции на уровне проявления смертельных эффектов, коэффициент кумуляции $> 5,1$. Отмечено негативное влияние на функции мочевыделительной и гепатобилиарной системы, изменения гематологических показателей крови и активация системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная система защиты организма».

Ключевые слова: нефтепродукты, подострая токсичность, кожно-резорбтивное действие.

В результате хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение почвенного покрова земли различными химическими веществами. В настоящее время одним из распространенных загрязнителей среды обитания человека являются нефтепродукты. Попадая в почву, они могут оказывать негативное влияние на здоровье людей в результате прямого контакта с почвой или, опосредованно, с водой, атмосферным воздухом, пищевыми продуктами растительного происхождения [5, 6].

Цель работы – изучение особенностей токсического воздействия нефтепродуктов при пероральном и трансдермальном путях поступления.

Материалы и методы. При загрязнении почвы экзогенными химическими веществами важно оценить способность вещества проникать через неповрежденные кожные покровы и вызывать интоксикацию, так как данный путь поступления в организм человека при контакте с почвой является преобладающим. Оценку способности нефтепродуктов к кожно-резорбтивному действию проводили «пробирочным» методом на белых крысах-самцах

массой 230–280 г. В контрольную и опытную группу брали по 7 животных. Хвосты крыс опытной группы на 2/3 их длины погружали в пробирку с нефтепродуктами в нативном виде, хвосты крыс контрольной группы – в воду. Время экспозиции составило 4 часа в сутки, 5 дней в неделю в течение 30 суток. Ежедневно фиксировали внешние признаки раздражения и измеряли объем хвоста (тест отечности кожи) сразу после экспозиции. Еженедельно всех животных взвешивали [4]. Способность нефтепродуктов накапливаться в организме и оказывать неблагоприятное действие на уровне смертельных эффектов или влиять на функциональное состояние ряда органов и систем подопытных животных оценивали при внутрижелудочном введении самцам белых крыс массой 200–240 г в дозах 1/10 (3762 мг/кг) и 1/20 (1881 мг/кг) от максимально введенной дозы в остром эксперименте (37620 мг/кг). Животным контрольной группы в эквивалентном объеме вводили воду. В контрольную и опытную группу брали по 7 животных. Продолжительность эксперимента составляла 30 суток. Режим введения –

© Рубин В.М., Ильюкова И.И., 2015

Рубин Виктория Михайловна – аспирант (e-mail: V.M.Rubin@mail.ru; тел. +375 29 702 60 85).**Ильюкова Ирина Ивановна** – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией профилактической и экологической токсикологии (e-mail: toxlab@mail.ru; тел. 8 (017) 292-60-27).

5 раз в неделю. Ежедневно животных взвешивали и уточняли дозу [1, 2, 4]. В конце эксперимента животных умерщвляли путем мгновенной декапитации, вычисляли относительные коэффициенты массы органов (далее – ОКМ), изучали морфологический состав периферической крови, в сыворотке крови и моче определяли ряд биохимических показателей, рассчитывали клиренс креатинина и мочевины, процент реабсорбции (по креатинину). Работы с животными проводили в соответствии с техническим кодексом установившейся практики ТКП 125-2008 902040 [3].

Для проведения экспериментальных исследований взяли смесь нефтепродуктов в соотношении 1:1:1 по массе: осветительный керосин марки КО-20 по ТУ 38.401-58-10-01 (производство ОАО «Нафтан»), топливо дизельное автомобильное марки ЕН 590 по ТУ 38.401-58-296-2005 (производство ОАО «Мозырский НПЗ»), масло промышленное марки И-50А (производство ОАО «Нафтан»).

Результаты исследований статистически обрабатывали. В качестве характеристики группы для признаков с распределением, отличным от нормального, вычисляли медиану и интерквартильный размах (Me [25 %; 75 %]). Для сравнения двух независимых выборок использовали непараметрический U -критерий Манна – Уитни, а различия считали достоверными с учетом поправки Бонферрони. За уровень значимости принимали $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Повторное внутрижелудочное введение нефтепродуктов в дозах 3762 и 1881 мг/кг не приводило к появлению внешних симптомов интоксикации и гибели животных. В процессе эксперимента масса

тела подопытных животных находилась в рамках контрольных показателей. При воздействии нефтепродуктов в дозах 3762 и 1881 мг/кг отмечено статистически значимое увеличение относительных коэффициентов массы печени на 21,88 % и почек на 16,39 % и 13,11 %. ОКМ сердца, селезенки, надпочечников и желудка подопытных животных не отличались от показателей животных контрольной группы (табл. 1).

В ходе эксперимента отмечено воздействие максимально вводимой дозы нефтепродуктов на гематологические показатели. Зарегистрировано увеличение уровня гемоглобина (на 12,00 %), гематокрита (на 8,78 %), тромбоцитов (на 27,29 %) и среднего объема тромбоцита (на 8,54 %) (табл. 2).

Одной из причин повышения уровня гематокрита может быть уменьшение количества жидкой части крови, поскольку содержание эритроцитов находится на уровне контрольного показателя, в незначительной степени – в результате увеличения количества тромбоцитов. Изменение такого показателя, как средний объем тромбоцита, свидетельствует о повышении количества функционально активных тромбоцитов в периферической крови, усилении их адгезивно-агрегационной способности. Как известно, существует связь размера тромбоцитов с их функциональной активностью. В результате активации дискоидная форма тромбоцитов меняется на сферическую, появляются псевдоподии, что ведет к увеличению размеров клетки и степени анизоцитоза. Следовательно, при воздействии нефтепродуктов у подопытных животных происходит индукция образования тромбоцитов.

Таблица 1

Масса тела крыс и ОКМ внутренних органов по окончании 20-кратного внутрижелудочного введения нефтепродуктов, Me [25 %; 75 %]

Показатель	Группа животных и доза вводимых нефтепродуктов		
	контроль, $n=7$	опытная группа 1 (3762 мг/кг), $n=7$	опытная группа 2 (1881 мг/кг), $n=7$
Масса тела, г	270,0 [260,0; 290,0]	270,0 [260,0; 290,0]	250,0 [240,0; 290,0]
Относительные коэффициенты массы (ОКМ), кг ⁻³ /кг			
– печень	26,50 [24,90; 9,30]	32,30 [30,40; 2,80]*	32,30 [29,70; 3,30]*
– почки	6,10 [5,70; 6,50]	7,10 [6,50; 7,30]*	6,90 [6,50; 7,70]*
– сердце	3,30 [3,10; 3,60]	3,40 [3,40; 3,70]	3,60 [3,20; 3,80]
– селезенка	3,80 [3,50; 5,10]	3,50 [3,30; 5,10]	4,60 [4,10; 5,30]
– надпочечники	0,17 [0,15; 0,18]	0,16 [0,14; 0,18]	0,17 [0,15; 0,20]
– желудок	6,20 [5,20; 6,70]	6,30 [5,80; 7,30]	6,70 [6,40; 7,04]

Примечание: * – различия статистически значимы относительно контроля, $p < 0,05$.

Таблица 2

Гематологические показатели периферической крови крыс по окончании 20-кратного внутрижелудочного введения нефтепродуктов, *Me* [25 %; 75 %]

Показатель	Группа животных и доза вводимых нефтепродуктов		
	контроль, <i>n</i> =7	опытная группа 1 (3762 мг/кг), <i>n</i> =7	опытная группа 2 (1881 мг/кг), <i>n</i> =7
Эритроциты, 10 ¹² /л	7,54 [7,10; 7,80]	7,92 [7,79; 8,19]	7,36 [7,04; 8,14]
Гематокрит, %	55,80 [53,50; 57,10]	60,70* [58,20; 61,6]	58,30 [54,10; 63,60]
Гемоглобин, г/л	126,0 [124,0; 130,0]	140,0* [137,0; 146,0]	133,0 [125,0; 143,0]
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	372,0 [324,0; 405,0]	476,0* [422,0; 483,0]	379,0 [347,0; 418,0]
Средний объем эритроцита, фл	75,70 [72,80; 77,70]	75,00 [74,20; 76,80]	78,10 [74,50; 79,20]
Средний объем тромбоцита, фл	8,20 [8,00; 8,60]	8,90* [8,70; 9,10]	8,40 [8,10; 8,60]
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	17,20 [16,20; 17,90]	17,70 [16,80; 18,10]	16,70 [16,30–19,40]
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	230,0 [222,0; 237,0]	235,0 [226,0; 241,0]	222,0 [206,0; 246,0]
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	13,10 [12,20; 18,10]	14,80 [11,60; 22,10]	18,90 [15,30; 19,70]

Примечание: * – различия статистически значимы относительно контроля, *p*<0,05.

Таблица 3

Показатели состояния мочевыделительной системы крыс по окончании 20-кратного внутрижелудочного введения нефтепродуктов, *Me* [25 %; 75 %]

Показатель	Группа животных и доза вводимых нефтепродуктов		
	контроль, <i>n</i> =7	опытная группа 1 (3762 мг/кг), <i>n</i> =7	опытная группа 2 (1881 мг/кг), <i>n</i> =7
Суточный диурез, мл/сут.	6,50 [5,20; 8,00]	11,70 [3,60; 13,30]	5,40 [2,00; 9,60]
pH	5,00 [5,00; 5,50]	6,50 [6,00; 7,00]**	5,40 [2,00; 9,60]
Уд. вес, г/см ³	0,97 [0,93; 0,99]	1,00 [0,94; 1,01]	0,97 [0,94; 1,007]
Общий белок, г/л	5,40 [4,50–8,50]	3,70 [3,10; 4,40]*	5,90 [4,20; 8,50]
Хлориды, мм/л	47,61 [35,71; 66,66]	90,47 [71,42; 109,52]*	114,28 [100,0; 128,57]**
Мочевина, мм/л	280,5 [242,5; 402,0]	140,5 [127,50; 153,0]**	395,5 [351,0; 957,0]
Креатинин, мкм/л	4580,0 [4270,0; 5800,0]	2725,0 [2725,0; 3050,0]**	5495,0 [4580,0; 12510,0]
Клиренс мочевины, мл/мин	0,13 [0,10; 0,32]	0,12 [0,09; 0,20]	0,20 [0,18; 0,26]
Клиренс креатинина, мл/мин	0,34 [0,27; 0,52]	0,41 [0,10; 0,45]	0,37 [0,27; 0,49]
Процент реабсорбции (по креатинину)	98,67 [98,53; 98,95]	97,76 [97,54; 98,18]	98,99 [98,46; 99,46]

Примечание: * – различия статистически значимы относительно контроля, *p*<0,05; ** – различия статистически значимы относительно контроля, *p*<0,01.

При введении нефтепродуктов в дозе 3762 мг/кг у животных отмечены статистически значимые изменения некоторых функциональных показателей состояния мочевыделительной системы (табл. 3).

В моче выявлено снижение содержания общего белка на 31,48 %, мочевины – на 49,9 % и креатинина – на 40,50 %, при этом уровень их в сыворотке крови находился в пределах контроля (табл. 4). Вышеуказанные изменения происходили на фоне роста диуреза на 80 %, однако различия не были статистически значимы. Клиренс креатинина и мочевины, процент реабсорбции у подопытных животных не отличались от контрольных.

При введении нефтепродуктов в меньшей дозе (1881 мг/кг) выявлена тенденция

увеличения содержания в моче мочевины на 41 % и креатинина на 20 %, а также рост клиренса на 53 %, однако данные изменения были статистически не значимы относительно контроля. Повышение экскреции хлоридов с мочой наблюдалось в двух опытных группах, однако не носило дозозависимого характера. При дозе нефтепродуктов 1881 мг/кг содержание хлоридов в моче превысило контрольный показатель в 2,4 раза, при дозе 3762 мг/кг – на 90,02 %. Выявленные изменения биохимических показателей мочи подопытных животных, а также увеличение ОКМ почек могут свидетельствовать о нарушении функционального состояния почек при повторном внутрижелудочном воздействии нефтепродуктов.

На фоне увеличения ОКМ печени у животных двух опытных групп биохимические показатели, характеризующие функциональное состояние гепатобилиарной системы (активность ферментов аспартат- и аланинаминотрансферазы, лактатдегидрогеназы, щелочной фосфатазы и содержание в сыворотке крови общего белка, липидов, хлоридов, мочевины и креатинина), мало отличались от контрольных. Активность ферментов лактатдегидрогеназы и сукцинатдегидрогеназы в гемолизатах крови также находилась в пределах контроля (табл. 4).

Вместе с тем отмечено увеличение содержания в сыворотке крови общего билирубина:

в дозе 3762 мг/кг – на 148,5 %, в дозе 1881 мг/кг – на 88,73 %. Повышенное содержание гематогенного пигмента, образующегося в результате распада гемоглобина, на фоне отсутствия изменения уровня эритроцитов в крови, по-видимому, связано с нарушением функции печени.

Поступление нефтепродуктов в течение месяца при внутрижелудочном введении привело к изменениям со стороны липидного обмена. На фоне неизмененного содержания общих липидов отмечено снижение уровня триглицеридов на 53,85 и 35,16 % – в 1-й и 2-й опытных группах соответственно и холестерина в 2 раза – в 1-й опытной группе.

Таблица 4

Биохимические показатели у крыс по окончании 20-кратного внутрижелудочного введения нефтепродуктов, *Me* [25 %; 75 %]

Показатель	Группа животных и доза вводимых нефтепродуктов		
	контроль, <i>n</i> =7	опытная группа 1 (3762 мг/кг), <i>n</i> =7	опытная группа 2 (1881 мг/кг), <i>n</i> =7
Общий белок в сыворотке крови, г/л	62,90 [61,3; 64,5]	66,20 [63,80; 69,90]	70,30 [64,40; 76,10]
Мочевина в сыворотке крови, ммоль/л	8,17 [6,76; 9,44]	8,79 [6,89; 9,31]	6,89 [6,00; 8,42]
Хлориды в сыворотке крови, ммоль/л	123,80 [119,04; 128,6]	128,57 [123,80; 138,09]	128,57 [123,80; 133,33]
Креатинин в сыворотке крови, мкмоль/л	61,00 [54,9; 67,1]	61,00 [61,00; 67,10]	61,00 [54,90; 67,10]
Аспаратаминотрансфераза в сыворотке крови, мккат/л	4,59 [4,12; 6,25]	3,72 [3,29; 5,24]	4,10 [3,29; 4,33]
Аланинаминотрансфераза в сыворотке крови, мккат/л	0,96 [0,87; 1,08]	0,84 [0,76; 0,96]	0,82 [0,76; 1,05]
Билирубин общий в сыворотке крови, мкмоль/л	70,26 [60,87; 80,43]	174,62*** [112,80; 206,50]	132,60* [117,30; 171,70]
Общие липиды в сыворотке крови, г/л	5,50 [5,00; 6,00]	6,00 [5,25; 6,50]	6,00 [5,75; 7,00]
Триглицериды в сыворотке крови, ммоль/л	0,91 [0,72; 0,93]	0,42 ** [0,31; 0,58]	0,59* [0,49; 0,67]
Холестерин в сыворотке крови, ммоль/л	1,00 [0,90; 1,30]	0,50* [0,40; 0,70]	1,20 [0,90; 1,80]
Лактатдегидрогеназа в сыворотке крови, мккат/л	74,83 [58,83; 96,17]	66,83 [50,83; 88,17]	58,83 [48,17; 77,50]
Щелочная фосфатаза в сыворотке крови, мккат/л	6,25 [3,9; 6,73]	6,57 [5,64; 7,28]	5,87 [4,9; 6,97]
Лактатдегидрогеназа в гомогенате печени, мкМ НАДН/г белка	67,50 [59,3; 77,5]	73,00 [69,20; 79,80]	79,50 [76,50; 93,50]
Сукцинатдегидрогеназа в гомогенате печени, мкг формазана/г белка	20,60 [17,6; 28,0]	27,20 [25,50; 31,20]	25,70 [24,00; 33,20]
Глюкоза-6-фосфат-дегидрогеназа в гемолизатах крови, мкМ НАДФН/мин г Нв	87,90 [77,8; 95,7]	95,20 [87,30; 98,00]	93,92 [78,70; 114,80]
Глутатионредуктаза в гемолизатах крови, мкмоль/г Нв мин	1,70 [1,66; 2,50]	2,80* [2,30; 3,70]	2,90 *** [2,30; 3,10]
Глутатионтрансфераза в гемолизатах крови, мкмоль/г Нв мин	1,40 [1,30; 1,50]	1,30 [1,20; 1,40]	1,20 [1,00; 1,50]
Супероксиддисмутаза в гемолизатах крови, мкг/мл	30,40 [26,7; 36,3]	47,40 * [36,30; 47,40]	36,30 [26,70; 36,30]
Свободные SH-группы в гемолизатах крови, мкМ/мл	86,10 [78,8; 90,0]	102,60 ** [100,80; 104,40]	102,60* [97,00; 106,30]
Малоновый диальдегид в сыворотке крови, нмоль/мл	5,00 [5,00; 7,50]	10,00 * [7,50; 12,50]	7,50 [5,00; 10,00]
Битирозин в сыворотке крови, усл. ед.	6,07 [5,98; 9,23]	5,22 [5,01; 6,51]	5,12 [5,03; 6,07]
Триптофан в сыворотке крови, усл. ед.	32,65 [27,20; 37,85]	38,44 [32,26; 39,76]	29,59 [28,35; 33,18]

П р и м е ч а н и е : * – различия статистически значимы относительно контроля, $p < 0,05$; ** – различия статистически значимы относительно контроля, $p < 0,01$; *** – различия статистически значимы относительно контроля, $p < 0,1$.

Воздействие компонентов нефтепродуктов вызывало повышенное образование свободных радикалов и активацию перекисного окисления липидов (ПОЛ), о чем свидетельствует увеличение конечного продукта ПОЛ – малонового диальдегида. В дозе 3762 мг/кг установлено статистически значимое возрастание его содержания в сыворотке крови в 2 раза; в дозе 1881 мг/кг – на 25 %, хотя различия статистически не значимы. В ответ на накопление продукта ПОЛ произошла активация многокомпонентной саморегулирующейся антиоксидантной системы (АОС) организма. Как видно из табл. 4, поступление нефтепродуктов в дозе 3762 мг/кг сопровождалось увеличением активности ферментов супероксиддисмутазы (на 55,9 %) и глутатионредуктазы (на 64,7 %). В дозе 1881 мг/кг отмечено увеличение активности только глутатионредуктазы (на 70,5 %). При этом активность глюкоза-6-фосфат дегидрогеназы и глутатионтрансферазы находилась на уровне контрольного значения. Содержание в гемолизатах крови свободных SH-групп – неферментативного звена АОС – было статистически значимо увеличено у животных обеих опытных групп на 19,2 %. Изменения содержания битирозина и триптофана в сыворотке крови животных обеих опытных группах не отмечено, что свидетельствует об отсутствии окислительной модификации белков. Таким образом, поступление нефтепродуктов в организм животных в течение 1 месяца при внутрижелудочном пути введения приводило к активации системы ПОЛ – АОС.

В условиях длительного эпикутанного воздействия на 2/3 поверхности хвостов белых крыс максимально возможных количеств нефтепродуктов внешних симптомов интоксикации, а также гибели животных не наблюдалось. При ежедневной визуальной оценке состояния

кожных покровов хвостов крыс не выявлено признаков эритемы (выраженность эритемы составила 0 баллов), а также развития отека, о котором судили по изменению объема хвостов крыс, измеренных до и после экспозиции.

В процессе опыта установлено статистически значимое снижение массы тела крыс опытной группы на 11,3 % и увеличение ОКМ печени на 11,2 %, что свидетельствует о токсическом воздействии на организм животных (табл. 5).

При изучении функционального состояния мочевыделительной системы установлено статистически значимое увеличение содержания мочевины в моче на 77,9 %. В то же время содержание мочевины в сыворотке крови крыс опытной группы и клиренс мочевины не отличались от показателей животных параллельного контроля (табл. 6, 7). Содержание креатинина в моче подопытных животных находилось на уровне контрольных значений. Вместе с тем наблюдалось статистически значимое увеличение концентрации креатинина в сыворотке крови на 10 %, а также снижение у животных интегрального показателя – клиренса креатинина в 1,9 раза. Данные изменения происходили на фоне снижения суточного диуреза на 42 %, хотя изменения статистически не значимы. Полученные результаты могут свидетельствовать о нарушении функции клубочковой фильтрации почками продуктов азотистого обмена.

При рассмотрении биохимических показателей сыворотки крови, характеризующих функциональное состояние печени, не отмечено изменений содержания общего белка, хлоридов и активности ферментов лактатдегидрогеназы, щелочной фосфатазы, аспартат- и аланинаминотрансферазы у животных, подвергшихся воздействию нефтепродуктов (табл. 7).

Таблица 5

ОКМ внутренних органов и масса тела крыс, подвергнутых воздействию нефтепродуктов на кожу 2/3 хвостов в течение месяца, *Me* [25 %; 75 %]

Показатель	Группа	
	контроль, <i>n</i> =7	опыт, <i>n</i> =7
Масса тела, г	270 [250; 280]	240 [220; 260]*
ОКМ печени, кг ⁻³ /кг	26,50 [25,46; 27,81]	28,48 [28,38; 29,36]*
ОКМ почек, кг ⁻³ /кг	6,00 [5,80; 6,93]	6,88 [6,67; 7,50]
ОКМ сердца, кг ⁻³ /кг	3,38 [3,21; 3,92]	3,80 [3,45; 4,50]
ОКМ селезенки, кг ⁻³ /кг	3,76 [3,69; 4,39]	4,22 [3,35; 4,50]
ОКМ надпочечников, кг ⁻³ /кг	1,80 [1,43; 1,93]	1,67 [1,32; 1,95]

Примечание: * – различия статистически значимы относительно контроля, *p*<0,05.

Таблица 6

Показатели состояния мочевыделительной системы крыс, подвергнутых воздействию нефтепродуктов на кожу 2/3 хвостов в течение месяца, Me [25 %; 75 %]

Показатель	Группа	
	контроль, $n=7$	опыт, $n=7$
Суточный диурез, мл/сут.	15,7 [14,0; 16,1]	9,10 [5,70; 14,50]
pH	6,5 [6,5; 6,5]	6,5 [6,5; 6,5]
Удельный вес, г/см ³	0,99 [0,98; 1,01]	0,99 [0,99; 1,01]
Общий белок, г/л	1,4 [1,0; 1,7]	1,3 [1,2; 1,6]
Хлориды, мМ/л	19,31 [13,63; 22,72]	13,63 [11,36; 18,18]
Мочевина, мМ/л	86,0 [76,5; 96,0]	153,0 [134,0; 178,5]*
Креатинин, мкМ/л	3050,0 [3050,0; 3355,0]	3355,0 [2745,0; 3355,0]
Клиренс мочевины, мл/мин	0,16 [0,11; 0,18]	0,16 [0,07; 0,22]
Клиренс креатинина, мл/мин	0,61 [0,51; 0,67]	0,31 [0,17; 0,50]*
Процент реабсорбции (по креатинину)	98,21 [97,80; 98,95]	97,82 [97,56; 98,00]

Примечание: * – различия статистически значимы относительно контроля, $p < 0,05$.

Таблица 7

Биохимические показатели крыс, подвергнутых воздействию нефтепродуктов на кожу 2/3 хвостов в течение месяца, Me [25 %; 75 %]

Показатель	Группа	
	контроль, $n=7$	опыт, $n=7$
Общий белок в сыворотке крови, г/л	62,7 [61,00; 70,90]	69,50 [68,00; 78,50]
Мочевина в сыворотке крови, ммоль/л	6,89 [5,10; 9,31]	8,55 [7,66; 8,68]
Хлориды в сыворотке крови, ммоль/л	131,81 [131,81; 136,36]	131,81 [122,7; 136,4]
Креатинин в сыворотке крови, мкМоль/л	61,0 [48,8; 67,1]	67,1 [67,1; 73,2]**
Аспаратаминотрансфераза в сыворотке крови, мккат/л	3,84 [3,67; 4,33]	3,81 [3,45; 4,65]
Аланинаминотрансфераза в сыворотке крови, мккат/л	0,99 [0,90; 1,08]	0,99 [0,79; 1,05]
Лактатдегидрогеназа в сыворотке крови, мккат/л	53,7 [47,82; 76,95]	70,27 [64,12; 72,4]
Щелочная фосфатаза в сыворотке крови, мккат/л	6,18 [4,97; 6,47]	4,95 [4,00; 5,28]
Лактатдегидрогеназа в гомогенате печени, мкМ НАДН/г белка	75,3 [70,0; 77,70]	78,10 [71,0; 100,40]
Сукцинатдегидрогеназа в гомогенате печени, мкг формазана/г белка	23,10 [22,8; 26,0]	30,50 [27,3; 34,2]**
Общие липиды в сыворотке крови, г/л	5,0 [4,5; 6,0]	6,0 [5,25; 6,70]
Триглицериды в сыворотке крови, ммоль/л	0,51 [0,46; 0,57]	0,55 [0,46; 0,59]
Холестерин в сыворотке крови, ммоль/л	1,20 [1,10; 1,30]	1,50 [1,10; 1,70]
Глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназа в гемолизатах крови, мкМ НАДФН/мин г Нв	85,20 [74,70; 96,00]	104,0 [91,30; 112,0]*
Глутатионредуктаза в гемолизатах крови, мкМоль/мин г Нв	1,7 [1,2; 1,7]	4,30 [3,1; 4,8]**
Глутатионтрансфераза в гемолизатах крови, мкМоль/мин г Нв	1,0 [0,80; 1,30]	0,90 [0,75; 1,00]
Супероксиддисмутаза в гемолизатах крови, мкг/мл	31,00 [25,00; 39,00]	28,0 [25,0; 31,0]
Свободные SH-группы в гемолизатах крови, мкМ SH/мл	97,10 [87,9; 102,60]	93,40 [84,3; 102,6]
Малоновый диальдегид в сыворотке крови, нмоль/мл	5,0 [2,5; 6,25]	5,0 [2,5; 7,50]
Битирозин в сыворотке крови, усл. ед.	0,62 [0,49; 0,91]	0,67 [0,59; 0,86]
Триптофан в сыворотке крови, усл. ед.	24,73 [22,43; 25,84]	23,43 [22,32; 27,74]

Примечание: * – различия статистически значимы относительно контроля, $p < 0,05$; ** – различия статистически значимы относительно контроля, $p < 0,01$.

Результаты исследования показали, что в печени крыс наблюдалась активация маркерного фермента цикла трикарбоновых кислот – сукцинатдегидрогеназы, активность которого увеличилась у подопытных животных на 32 %. Данные изменения говорят об интенсификации функционирования цикла Кребса, что, по-видимому, необходимо для энергизации клеточного дыхания и усиления поставок энергетических эквивалентов АТФ, НАДН для адаптации клеточного метаболизма в гепатоцитах.

При воздействии нефтепродуктов в течение 1 месяца отмечено статистически значимое увеличение активности ферментов, входящих в систему антиоксидантной защиты организма, глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы – на 22,07 % и глутатионредуктазы – в 2,5 раза в гемолизатах крови. Рост активности фермента глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы связан с необходимостью образования большего количества НАДФН, требуемого для восстановления окисленного глутатиона в реакции, катализируемой глутати-

онредуктазой. При этом изменения других показателей АОС у животных опытной группы (активность супероксиддисмутазы и глутатион-трансферазы, уровень свободных SH-групп в гемолизатах крови) не отмечено. Содержание малонового диальдегида, битирозина и триптофана не отличалось от показателей контрольной группы.

Выводы:

1. В результате исследований установлено, что повторное внутрижелудочное введение нефтепродуктов в различных дозах в течение месяца не приводит к появлению выраженных симптомов интоксикации и гибели животных, что свидетельствует об отсутствии у них способности к кумуляции на уровне проявления смертельных эффектов. Коэффициент кумуляции составил $>5,1$. По степени выраженности кумулятивного эффекта нефтепродукты классифицируются как обладающие слабой кумулятивной активностью (четвертая группа кумулятивности) [4]. Длительное поступление нефтепродуктов оказывало определенное влияние на функции мочевыделительной системы, которое проявилось в увеличении ОКМ почек, разнонаправленным в зависимости от дозы изменением содержания в моче общего белка, мочевины, креатинина и хлоридов. Отмечено негативное влияние на печень, о чем свидетельствует увеличение ОКМ печени и уровня общего билирубина в сыворотке крови. Повторное поступление нефтепродуктов повлияло на липидный обмен – снижение содержания в сыворотке крови триглицеридов и холесте-

на и морфологический состав крови – увеличение уровня гемоглобина, гематокрита, тромбоцитов и среднего объема тромбоцита. При поступлении нефтепродуктов развивались изменения в системе «перекисное окисление липидов – антиоксидантная система защиты организма», проявляющиеся накоплением в крови малонового диальдегида и свободных SH-групп в гемолизатах крови, а также увеличением активности ферментов супероксиддисмутазы и глутатионредуктазы.

2. Нефтепродукты в условиях длительного эпикутанного воздействия на 2/3 поверхности хвостов белых крыс не вызывали клинических симптомов интоксикации, развития эритемы и отека, а также гибели животных. При трансдермальном пути поступления наблюдалось общетоксическое действие на организм, которое проявилось в снижении массы тела подопытных животных. Отмечено негативное воздействие на функциональное состояние мочевыделительной (увеличение содержания мочевины в моче и креатинина в сыворотке, снижении клиренса креатинина) и гепатобилиарной систем (увеличение ОКМ печени). Наблюдалась активация сукцинатдегидрогеназы в гомогенатах печени, что свидетельствует об усилении процессов энергетического обмена в митохондриях клеток. При трансдермальном поступлении нефтепродуктов отмечена активация системы антиоксидантной защиты организма (увеличение активности глюкоза-6-фосфат-дегидрогеназы и глутатионредуктазы в гемолизатах крови).

Список литературы

1. Каган Ю.С. Кумуляция, критерии и методы ее оценки, прогнозирование хронической интоксикации // Принципы и методы установления предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе производственных помещений. – М.: Медицина, 1970. – С. 49–65.
2. Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия) / под ред. И.В. Саноцкого. – М.: Медицина, 1970. – 343 с.
3. Технический кодекс установившейся практики ТКП 125-2008 902040 «Надлежащая лабораторная практика». – Минск: МЗ РБ, 2008. – 35 с.
4. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11-12-35-2004 / Л.В. Половинкин, В.В. Шевляков, Е.С. Юркевич и др. – Минск, 2004. – 43 с.
5. Acute health effects of the Hebei oil spill on the residents of Tae'an, Korea / C.P. Lee [et al.] // Journal of Preventive Medicine and Public Health. – 2010. – Vol. 43 (2). – P. 166–173 [Электронный ресурс]. – URL: <http://jpmph.org/search.php?where=aview&id=10.3961/jpmph.2010.43.2.166&code=0056JPMPH&vmode=FULL>. (дата обращения: 29.04.2014).
6. Acute health effects of the Sea Empress oil spill / R.A. Lyons [et al.] // Journal of Epidemiology and Community Health. – 1999. – Vol. 53 (5). – P. 306–310 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1756874/pdf/v053p00306.pdf>. (дата обращения: 29.04.2014).

References

1. Kagan Ju.S. Kumuljacija, kriterii i metody ee ocenki, prognoziro-vanie hronicheskoy intoksikacii [Cumulation, criteria and methods of its assessment, forecasting of chronic intoxication]. *Principy i metody usta-novlenija predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshhestv v vozduhe proizvodstvennyh pomeshhenij*, Moscow: Medicina, 1970, pp. 49–65.
2. Metody opredelenija toksichnosti i opasnosti himicheskikh veshhestv (toksikometrija) [Methods for determining the toxicity and hazard of chemical substances (toxicometry)]. pod red. I.V. Sanockogo, Moscow: Medicina, 1970, 343 p.
3. Tehnicheskij kodeks ustanovivshejsja praktiki TKP 125-2008 902040) «Nadlezhashhaja laboratornaja praktika» [Technical code of common practice (TKP 125-2008 902040) “Good laboratory practice”]. Minsk: MZ RB, 2008, 35 p.
4. Trebovanija k postanovke jeksperimental'nyh issledovanij dlja per-vichnoj toksikologicheskoy ocenki i gigenicheskoy reglamentacii veshhestv: Instrukcija 1.1.11-12-35-2004 [Requirements to the arrangement of experimental studies for the primary toxicological assessment and hygienic regulation of substances: Instructions 1.1.11-12-35-2004]. L.V. Polovinkin, V.V. Shevljakov, E.S. Jur-kevich i dr. Minsk, 2004, 43 p.
5. Acute health effects of the Hebei oil spill on the residents of Taean, Korea. S.R. Lee [et al.]. *Jornal of Preventive Medicine and Public Health*, 2010, vol. 43 (2), pp. 166–173. Available at: <http://jpmph.org/search.php?where=aview&id=10.3961/jpmph.2010.43.2.166&code=0056JPMPH&vmode=FULL>.
6. Acute health effects of the Sea Empress oil spill. R.A. Lyons [et al.]. *Jornal of Epidemioljgy and Community Health*, 1999, vol. 53 (5), pp. 306–310. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1756874/pdf/v053p00306.pdf>.

TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PETROLEUM PRODUCTS REPEATED EXPOSURE

V.M. Rubin, I.I. Il'yukova

RUE "Scientific practical centre of hygiene", Minsk, the Republic of Belarus,
the Republic of Belarus, Minsk, 8, Akademicheskaya St., 220012

Abstract. The ability of petroleum products to initiate cumulative effects was assessed in experimental intragastric admission to male albino rats for one month. The analysis of skin-resorptive effects was performed using "test-tube" method on the skin of rats' tails. It has been established that petroleum products can penetrate the intact skin and, with repeated admission, cause a general toxic effect. There were reductions bodyweights, the negative effect on the function of the kidneys and liver, changes of hematological parameters, as well as activation of the antioksidatnoy system. Repeated intragastric administration does not lead to the death of the animals testifying to the lack of accumulation capacity for petroleum products at the level of functional mortal effects, the cumulation coefficient being > 5.1. Negative impact on urinary function and hepatobiliary system, changes in hematological parameters and activation of the «lipid peroxidation – antioksidant defense» were observed.

Key words: petroleum products, subacute toxicity, skin-resorptive effect.

© Rubin V.M., Il'yukova I.I., 2015

Rubin Viktoria Mikhailovna – post-graduate student (e-mail: V.M.Rubin@mail.ru; tel. +375 29 702 60 85).

Il'yukova Irina Ivanovna – candidate of medical science; head of preventive and environmental toxicology laboratory (e-mail: toxlab@mail.ru; tel. 8 (017) 292-60-27).

УДК 614.715 613.633

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ НАНОДИАПАЗОНА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Т.С. Уланова, М.В. Антипьева, М.И. Забирова, М.В. Волкова

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

Приведены результаты исследований воздуха рабочей зоны металлургического производства на содержание частиц нанодиапазона. Максимальная концентрация наночастиц в диапазоне 13523–28609 млн/м³ определена на рабочем месте плавильщика титанового производства с максимальным размером частиц 10–15 нм. На рабочем месте в административном корпусе (рабочее место сравнения) максимальная концентрация определена в диапазоне 527–1000 млн/м³, максимальный размер частиц ~ 20 нм.

Ключевые слова: наноразмерные частицы (< 100 нм), счетная концентрация, распределение наночастиц по размерам.

В настоящее время одним из ключевых направлений развития мирового технического прогресса являются работы по созданию нанотехнологий и перспективных наноматериалов. С развитием нанотехнологий появляется множество материалов, содержащих наноразмерные (<100 нм) частицы. Уже сейчас объем промышленного производства наноматериалов в развитых странах достигает нескольких тысяч тонн в год [2].

Совокупность научных данных о наноматериалах позволяет предполагать, что они могут быть потенциально токсичными для человека. Изучение возникающих потенциальных рисков при контактах человека и других биологических систем с наноматериалами представляется актуальной и важной задачей. Внедрение нанотехнологий и наноматериалов требует оценки всех возможных рисков, связанных с их использованием.

Нанотехнологии, как и любые новые технологии, несут не только несомненные преимущества, но и потенциальную опасность вредного воздействия на здоровье человека и природные экосистемы. Анализ большого числа научных исследований показал, что наночастицы обладают более высокой токсичностью, чем обыч-

ные микрочастицы, способны проникать в неизменном виде через клеточные барьеры, а также через гематоэнцефалический барьер в центральную нервную систему, циркулировать и накапливаться в органах и тканях, вызывая более выраженные патоморфологические поражения внутренних органов (например, образование гранул в легких, цирроз печени, гломерулонефроз), а также, обладая длительным периодом полувыведения, крайне тяжело выводятся из организма [3–5].

Токсичность наночастиц определяется их формой и размерами. Органами-мишенями для наночастиц могут быть легкие, печень, почки, головной мозг, желудочно-кишечный тракт, прослеживается зависимость органов-мишеней от пути поступления. При воздействии наночастиц на организм человека возможно развитие оксидативного стресса, ингаляционной/трансдермальной ассимиляции (накопление и усвоение), астмы, хронических обструктивных болезней легких (ХОБЛ), злокачественных новообразований (рак легких), нейродегенеративных заболеваний, нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы и сердечной деятельности, нарушение генома клетки (репликации ДНК) [2, 3].

© Уланова Т.С., Антипьева М.В., Забирова М.И., Волкова М.В., 2015

Уланова Татьяна Сергеевна – доктор биологических наук, заведующий отделом химико-аналитических методов исследования (e-mail: ulanova@fcrisk.ru; тел. 8 (342) 233-10-34).

Антипьева Марина Владимировна – старший научный сотрудник лаборатории методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц, кандидат биологических наук (e-mail: girnar@mail.ru; тел. 8 (342) 233-10-34).

Забирова Марина Игоревна – инженер-исследователь лаборатории методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц (e-mail: 79824541888@yandex.ru; тел. 8 (342) 233-10-34).

Волкова Марина Валерьевна – химик лаборатории методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц (e-mail: mari_703@mail.ru; тел. 8 (342) 233-10-34).

В этой связи особую актуальность представляет оценка условий труда и профессионального риска при производстве и применении материалов, содержащих наночастицы, а также производственных процессов с образованием наночастиц. Среди производственных процессов с наиболее высоким риском вредного воздействия наноразмерных аэрозолей выделяются электродуговая сварка и резка металлов, пирометаллургические процессы рафинирования металлов [2].

Цель работы – исследование содержания частиц нанодиапазона в воздухе рабочей зоны металлургического предприятия на примере ОАО «Ависма» г. Березники Пермского края.

Материалы и методы. При обследовании воздуха рабочей зоны распознавание наночастиц по размерам и измерение их счетной концентрации выполнялось с использованием диффузионного аэрозольного спектрометра ДАС 2702 (Россия) [1].

Исследование воздуха рабочей зоны выполнялось на рабочих местах металлургического производства ОАО «Ависма», которое является филиалом ОАО «Корпорация ВСМПО – Ависма» и расположено в г. Березники Пермского края.

Рабочие места металлургического производства оценивались на основе обследования рабочего места плавильщика титанового производства при прохождении высокотемпературных производственных процессов плавки титанового шлака: доводка, выпуск чугуна, выпуск титанового шлака, закрывание лётки – огнеупорной пробки электродуговой печи.

В качестве рабочего места сравнения обследован административный блок ОАО «Ависма», отделенный от производственного процесса.

Воздух рабочей зоны исследовался на распределение по размерам и определение счетной концентрации наночастиц.

Результаты и их обсуждение. Выполненные исследования представлены на рис. 1–3. На рис. 1 показано распределение взвешенных частиц по размерности: на оси x представлены значения диапазонов размеров частиц в нанометрах, ось y отображает счетную концентрацию частиц в миллионах частиц на m^3 . Максимум концентрации наночастиц соответствует диапазону от 15 024 до 26 481 млн частиц на m^3 , размер частиц 10–65 нм с максимумом счетной концентрации, приходящемся на диапазон 30–35 нм. В процессе доводки в воздухе рабочей зоны на рабочем месте плавильщика преобладают частицы с размерами, находящимися в диапазоне 5–20 нм, счетная концентрация представлена интервалом 13 523–28 609 млн частиц на m^3 (максимум в диапазоне 10–15 нм).

Результаты обследования рабочего места сравнения приведены на рис. 2, 3 и в таблице.

По результатам исследований воздуха рабочей зоны на территории администрации (рабочее место сравнения), выполненных в трех точках, можно сделать вывод, что максимальная концентрация частиц находится в диапазоне размеров 15–55 нм, счетная концентрация 527–1000 млн частиц на m^3 (с максимумом, принадлежащим частицам размером ~ 20 нм).

Таким образом, выполненные измерения распределения и счетной концентрации частиц нанодиапазона в воздухе рабочей зоны основных производственных процессов и административного корпуса ОАО «Ависма» (металлургические производства) позволяют сделать вывод, что счетная концентрация наночастиц на рабочих местах сравнения (администрация



Рис. 1. Распределение по размерам и счетная концентрация наночастиц в воздухе рабочей зоны ОАО «Ависма»

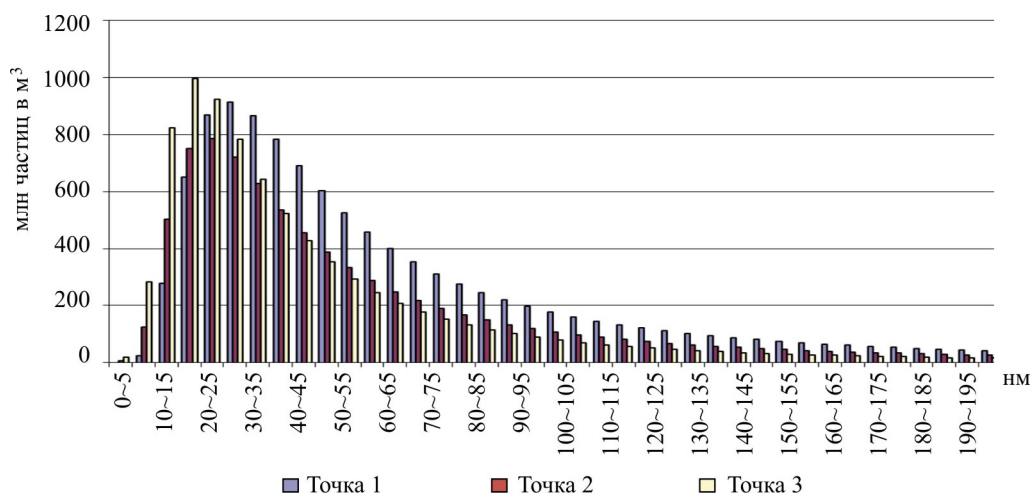


Рис. 2. Характеристика наночастиц в воздухе рабочей зоны административного блока ОАО «Ависма»

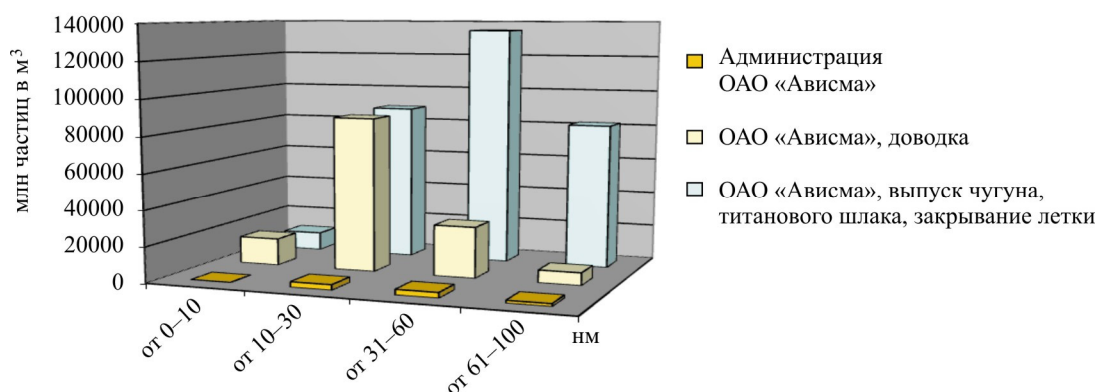


Рис. 3. Сравнение распределения наночастиц в воздухе рабочей зоны на рабочих местах обследования и сравнения

Концентрация частиц в воздухе рабочей зоны предприятия ОАО «Ависма»

Наименование обследуемого места	Максимальная концентрация частиц, млн/м³	Диапазон размера частиц с максимальной концентрацией, нм
Администрация	527–1000	~ 20
Цех № 37, рабочее место плавильщика титанового производства, доводка	13523–28609	10–15
Цех № 37, рабочее место плавильщик титанового производства, выпуск чугуна, титанового шлака, закрытие летки	15024 до 26481	30–35

ОАО «Ависма») значительно ниже, чем на рабочих местах основных производственных процессов. Рабочие места плавильщика титанового производства на стадии доводка и выпуск чугуна, титанового шлака, закрывание летки отличаются по диапазону максимальной концентрации наночастиц и по диапазону размера частиц с максимальной концентрацией.

Данные, полученные в исследованиях, могут быть использованы в качестве дополнительной информации при оценке условий труда и профессионального риска при производстве и применении материалов, содержащих наночастицы, а также производственных процессов с образованием наночастиц.

Список литературы

1. Диффузионный аэрозольный спектрометр. Модель 2702: руководство по эксплуатации 66334978.002.000РЭ / ООО «АэроНаноТех». – М., 2013. – URL: [http://ru.aeronanotechnology.com/diffuzionnyy aerolnyyspektrometr](http://ru.aeronanotechnology.com/diffuzionnyy-aerolnyyspektrometr) (дата обращения: 18.10.2011).
2. Онищенко Г.Г. Организация надзора за оборотом наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека // Гигиена и санитария. – 2011. – № 2. – С. 4–9.
3. Токсиколого-гигиеническая оценка безопасности водной суспензии нанодисперсного диоксида кремния, синтезированного методом жидкокристаллического темплатирования / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.Н. Звездин, Е.В. Саенко // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 1. – С. 65–72.
4. Acute toxicological affects of copper nanoparticles in vivo / Z. Chen, H. Meng, G. Xing [et al.] // The journal of physical chemistry. Toxicology letters. – 2006. – № 163. – P. 109–120.
5. Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation / Chiu - Wing Lam, T. James John, R. McCluskey [et al.] // Toxicol. Science. – 2003. – № 77. – P. 126–134.

References

1. Diffuzionnyj ajerazol'nyj spektrometr. Model' 2702. Rukovodstvo po jekspluatácii 66334978.002.000RJe [Diffusion aerosol spectrometer. Model 2702. Operation manual 66334978.002.000RE]. ООО «AjeroNanoTeh» g. Moskva, 2013. Available at: [http://ru.aeronanotechnology.com/diffuzionnyy aerolnyyspektrometr](http://ru.aeronanotechnology.com/diffuzionnyy-aerolnyyspektrometr).
2. Onishhenko G.G. Organizacija nadzora za oborotom nanomaterialov, predstavljajushhih potencial'nuju opasnost' dlja zdorov'ja cheloveka [Organization of supervision over the turnover of nanomaterials posing potential danger for the health of humans]. *Gigiena i sanitarija*, 2011, no 2, pp. 4–9.
3. Zajceva N.V., Zemljanova M.A., Zvezdin V.N., Saenko E.V. Toksikologo-gigienicheskaja ocenka bezopasnosti vodnoj suspenzii nanodispersnogo dioksida kremnija, sintezirovannogo metodom zhidkokristallicheskogo templantirovanija [Toxicological and hygienic assessment of safety of the aqueous suspension of nano-disperse silicon dioxide synthesized by the liquid-crystalline templating method]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no 1, pp. 65–72.
4. Chen Z., Meng H., Xing G. et al. Acute toxicological affects of copper nanoparticles in vivo. The journal of physical chemistry. *Toxicology letters*, 2006, no 163, pp. 109–120.
5. Chiu - Wing Lam, James John T, McCluskey R. et al. Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation. *Toxicol. Science*, 2003, no 77, pp. 126–134.

DETERMINATION OF NANOSCALE PARTICLES IN THE AIR OF WORKING ZONE AT THE METALLURGICAL PRODUCTION

T.S. Ulanova, M.V. Antipyeva, M.I. Zabirova, M.V. Volkova

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

The results of studies of the air of working zone at the metallurgical production on the example of Avisma OJSC (Berezniki, the Perm Territory) for the content of nanoscale particles are specified. The maximum nanoparticles concentration in the range of 13523–28609 mln./m³ is determined at the working place of the titanium production smelter with the maximum size of particles of 10–15 nm. At the working place in the administrative building (reference working place) the maximum concentration is determined within the range of 524–1000 mln./m³; the maximum size of nanoparticles is 20 nm. It was established that the number concentration of nanoparticles at the reference working places (administration of Avisma OJSC) is significantly lower than at the working places of main production processes. The presented studies can be used as the additional factors in the assessment of labor conditions and occupational risk during the manufacture and use of materials containing nanoparticles as well as the production processes with the nanoparticles formation.

Key words: nanoparticles (< 100 nm), number concentration, nanoparticle size distribution.

© Ulanova T.S., Antipyeva M.V., Zabirova M.I., Volkova M.V., 2015

Ulanova Tatyana Sergeevna – Doctor of Biological Sciences, head of the Department of chemical and analytical research methods (e-mail: ulanova@fcrisk.ru; tel. 8 (342) 233-10-34).

Antipyeva Marina Vladimirovna – Candidate of biological science, Senior research assistant of the laboratory of methods for analysis of nanomaterials and finely-divided particles (e-mail: girmar@mail.ru; tel. 8 (342) 233-10-34).

Zabirova Marina Igorevna – research engineer of the laboratory of methods for analysis of nanomaterials and finely-divided particles (e-mail: 79824541888@yandex.ru; tel. 8 (342) 233-10-34).

Volkova Marina Valeryevna – chemist of the laboratory of methods for analysis of nanomaterials and finely-divided particles (e-mail: mari_703@mail.ru; tel. 8 (342) 233-10-34).

УДК 621.039.58

АНТОЛОГИЯ КАТАСТРОФЫ НА ЯПОНСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ «ФУКУСИМА-1»

М.Н. Тихонов

Межотраслевой экспертно-сертификационный, научно-технический и контрольный центр ядерной и радиационной безопасности, Международный клуб учёных, Россия, 191028, г. Санкт-Петербург, ул. Моховая, 31

На основе анализа открытых государственных данных и результатов научных исследований систематизирован и обобщён обширный материал о возникновении, углублении вплоть до превращения в катастрофу и ликвидации нештатной ситуации на атомной электростанции «Фукусима-1». Хронологически изложены события, которые имели следствием разрушение зданий и сооружений, гибель людей, эвакуацию населения из зоны радиационного загрязнения. Статья иллюстрирует масштабность и сложность проблем, существующих в сфере обеспечения ядерной и радиационной безопасности населения. Описаны пути минимизации риска возникновения аварийных ситуаций и снижения опасности негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Даны представления о различных подходах стран мира к перспективам развития атомной энергетики с учетом последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». Приведены сравнительные характеристики различных типов технических решений с позиций безопасности.

Ключевые слова: ядерная энергетика, атомная электростанция, радиационная авария, чрезвычайная ситуация, радиоактивное загрязнение, радиационная безопасность, риски для здоровья.

Катастрофа на японской АЭС «Фукусима-1» в марте 2011 г. – крупнейшая радиационная авария в мире после Чернобыльской АЭС. Осознание причин произошедшего и масштаба последствий этой катастрофы позволяет извлечь полезные уроки на будущее и выработать взвешенное отношение к дальнейшему развитию атомной энергетики с учетом рисков для жизни и здоровья людей.

Следует отметить, что Япония, в отличие от СССР и России, которые полностью раскрыли причины, меры безопасности и прогноз последствий Чернобыльской аварии, крайне неохотно делится информацией об этой катастрофе [16, 24]. В правительственном докладе Японии отсутствует описание необходимых деталей для полного понимания (как специалистами, так и неспециалистами в области проектирования и эксплуатации таких АЭС) произошедших процессов.

Ядерная энергетика в Японии стала приоритетной с 1973 г. В 2010 г. в стране эксплуа-

тировалось 54 блока атомных станций, вырабатывающих 46823 МВт (э), строились ещё 2 блока мощностью 2650 МВт, всего планировалось построить 14 блоков. За счёт действующих станций покрывалось 30 % энергетических потребностей. По установленной мощности Япония занимала третье после США (104 реактора) и Франции (58) место в ядерной мировой энергетике. К 2017 г. планировалось довести уровень ядерной энергетики в стране до 40 %, в 2030 г. – до 50 % и обеспечить замкнутый ядерный цикл. По плотности размещения АЭС (в кВт на 1 км²) Япония (86,1) занимала пятое место после Бельгии – 194,1, Южной Кореи – 188,5, Тайваня – 138,3 и Франции – 116,0.

В трёх северных префектурах Мияги, Фукусима, Ибараки находится 14 ядерных энергоблоков. В результате мартовского землетрясения 2011 г. 11 блоков были остановлены автоматически. Все реакторы на северо-востоке Японии относились к типу кипящих корпусных водо-водяных реакторов BWR, второй по рас-

© Тихонов М.Н., 2015

Михаил Николаевич Тихонов – специалист, академик Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ) (e-mail: dtrec@peterlink.ru; тел.: 8 (812) 233-58-06).

пространённости конструкции ядерных реакторов в мире с проектным сроком эксплуатации 40 лет [24].

Атомная электростанция «Фукусима-1» входила в число 25 крупнейших АЭС мира (6 энергоблоков мощностью 4,7 ГВт). Это первая АЭС (первый энергоблок введён в эксплуатацию в 1970 г.), построенная и эксплуатирующаяся японской компанией ТЕРСО по проектной документации, разработанной в 60-х – начале 70-х гг. прошлого века. За вычетом времени на плановые ремонты и перегрузки топлива, срок эксплуатации первого энергоблока приближался к 40 годам, и в 2014–2015 г. он должен был выводиться из эксплуатации. В 11,5 км южнее расположена АЭС «Фукусима-2» общей мощностью 4, ГВт, также находящаяся в эксплуатации этой компании.

Реакторные установки для I, II и VI энергоблоков были сооружены американской корпорацией General Electric, для III и V – Toshiba, для IV – Hitachi. Все 6 реакторов спроектированы корпорацией General Electric. Архитектурное проектирование энергоблоков выполняла компания Ebasco.

Строительные конструкции возводила японская фирма Kajima. Реакторная установка оснащена системами поддержания качества теплоносителя, газового удаления (прежде всего водорода, образующегося в процессе радиолиза воды в активной зоне), отвода остаточного тепла от активной зоны при остановке реактора и системами безопасности. В 1990–2000 гг. эксплуатирующая организация приняла ряд дополнительных мер по управлению запроектными тяжёлыми авариями и внесла изменения в схемы и процедуры АЭС [20, 24]. За время, прошедшее с начала пуска этих блоков, на них были проведены реконструкции, направленные на исключение ошибок персонала.

Уровень планировки земельного участка для размещения основных зданий находится на 10 м выше уровня моря. Для защиты причала и водозаборных сооружений от воздействия волн построена защитная дамба высотой 5,7 м.

26 марта 2011 г. I блоку «Фукусимы-1» исполнилось 40 лет. За месяц до аварии было получено разрешение на продление лицензии на его эксплуатацию.

К строительству атомных станций в зонах повышенной сейсмической активности предъявляются очень строгие требования, реакторы отключаются при малейшей угрозе подземных толчков поблизости [3]. Несмотря на постоянную

сейсмическую активность, до определённого времени удавалось избежать серьёзных инцидентов на ядерных реакторах. Землетрясения происходят в Японии почти ежедневно, большинство из них незначительны и не приносят никакого урона. Однако, по оценкам специалистов Комитета изучения землетрясений Японии, вероятность появления в течение 30 лет у побережья префектуры Мияги землетрясения с магнитудой 7,5 балла составляет 99 %. Разрушительное землетрясение может произойти в любой точке страны, лежащей на стыке сразу четырёх тектонических плит – Тихоокеанской, Североамериканской, Евразийской и Филиппинской. Плиты подползают под Северо-Американскую и Евразийскую плиты со скоростью 8,5 и 6,5 см в год соответственно. Вдоль восточного склона острова Хонсю тянется Японский жёлоб протяженностью 1000 км и глубиной до 8412 м. Области с большим скольжением во время анализируемого землетрясения находились недалеко от южного разлома с максимальным скольжением более 20 см.

За подводными толчками очень часто следует цунами. При этом от эпицентра расходятся гигантские волны, скорость которых может достигать 1000 км/ч. Вблизи побережья скорость волны снижается до 500 км/ч, её высота растёт, а сила становится ещё более разрушительной. На сей раз высота волн цунами составила 23 м. По мнению специалистов, нынешнее землетрясение на северо-востоке Японии по мощности превосходит самые крупные землетрясения в 1923 и 1995 г. Область источника этого землетрясения была свыше 400 км длиной и около 200 км шириной. Процесс разрыва земной коры продолжался в течение 170 с. Последовательность разрыва и магнитуда землетрясения в 9,1 балла были сверх ожидания. Интенсивности в районе АЭС Онагава, «Фукусима-1, -2» и «Токай» составили более 5 баллов. Средний уровень оседания земли вдоль побережья района Мияги в префектуре Фукусима во время этого землетрясения составлял около 0,8 м.

Авария на АЭС «Фукусима-1» продемонстрировала, насколько высока вероятность реализации самого мрачного сценария в ядерной энергетике. Атомная станция подверглась практически одновременно воздействию двух природных факторов: рекордного по мощности землетрясения (магнитудой 9,1 балла по шкале Рихтера) и рекордной по высоте волны цунами. Эпицентр землетрясения находился в океане в 70 км от острова Хонсю на глубине 24 км,

в 80 км восточнее территории, где расположена АЭС «Онагава», и в 150 км северо-восточнее от обеих АЭС «Фукусима-1, -2». Волна цунами вблизи АЭС превысила высоту 7 м [17, 18, 24].

Хронология начальных событий на АЭС «Фукусима-1» следующая [15, 18, 20, 24].

11 марта в 14:46 у побережья острова Хонсю на глубине 24 км произошло 9-балльное землетрясение. В момент землетрясения сработала антисейсмическая защита реакторов, отключившая I, II и III энергоблоки «Фукусимы-1» и соответственно турбогенераторы. IV, V и VI энергоблоки не работали из-за прохождения планового технического обслуживания. Топливо из IV реактора было изъято в ноябре 2010 г. Блок № 5 с 3 января 2011 г., как и блок № 6 с 14 августа 2010 г., находились в плановом ремонте. В день землетрясения блок № 5 был загружен топливом и проходил гидравлические испытания на плотность, блок № 6 был загружен топливом, уплотнён и расхоложен.

Подземные толчки спровоцировали отключение атомной станции от японской электросети, но автоматически подключились все 13 аварийных резервных дизельных генераторов, которые продолжили охлаждение. Оператор станции – Токийская электроэнергетическая компания (TEPCO) – уведомила соответствующих должностных лиц о произошедшем событии на АЭС. После фиксации землетрясения была задействована система оповещения о возможности появления цунами. О цунами объявлялось трижды: через 3, 28 и 44 мин после землетрясения. Организация оповещения была осложнена многочисленными разрушениями после землетрясения систем связи и отсутствием их электроснабжения.

В 15:27 первая волна цунами ударила по атомной электростанции. Наблюдаемый уровень цунами в точке Miako составлял 8,5 м и более, в точке Ayukawa в г. Ishinomaki – 8,6 м и более и в точке Soma – 9,3 м и более. Вторичное, основное цунами прибыло в **15:35**. Уровень воды на шкале датчика составлял 7,5 м. Общая площадь затопления достигла 561 км².

Поврежден аварийный конденсатор первого энергоблока, предназначенный для охлаждения пара внутри резервуара под давлением. **В 15:46** 14-метровая волна цунами превысила заграждающую дамбу, затопив сооружения АЭС «Фукусима-1», вывела из строя резервные дизельные генераторы 1, 2-го и 3-го блоков (кроме одного, расположенного в своём здании на относительно высоком месте на первом цокольном этаже здания реактора № 6) и смыла

топливные баки. Генераторы предназначались для аварийного расхолаживания реакторов. Реакторные установки блоков № 1–5 остались без аварийного электроснабжения, блок № 6 при одном действующем дизель-генераторе не полностью потерял переменный ток. Были также затоплены все системы водоснабжения морской водой систем отвода тепла от оборудования АЭС.

В первые часы после полного обесточивания в 15:37 11 марта персоналом станции были приняты меры по восстановлению работы важных приборов, освещения блочных пунктов управления (БПУ) и по организации подачи воды в реакторы и бассейны хранения топлива с помощью системы пожаротушения, имеющей не только электронасосы, но и насосы с приводом от двигателей внутреннего сгорания. Работы практически проводились в полной темноте. Использовались ручные фонарики. Для восстановления работы приборов были использованы аккумуляторы большегрузных автомобилей, для восстановления электроснабжения привлекались передвижные дизельные электростанции. Были приняты меры по восстановлению подачи энергии от внешних источников. Постоянные повторные землетрясения и предупреждения о повторных цунами дезорганизовывали работу.

Из-за отсутствия электропитания приборов и возможности дистанционного управления оборудованием персонал станции столкнулся с огромными трудностями при проведении противоаварийных операций. Была нарушена телефонная связь. Остался один проводной канал между БПУ и центром управления аварией. Система начала использовать паровые насосы с батарейным питанием клапанов.

В 18:00 уровень воды в первом реакторе понизился до вершин топливных стержней. **В 19:03** премьер-министр Наото Кан объявляет 4-й аварийный ядерный статус по Международной шкале ядерных событий INES (авария с локальными последствиями).

В 19:30 топливные стержни первого реактора полностью показываются над поверхностью воды. **В 21:23** Правительство Японии издаёт распоряжение об эвакуации людей в радиусе 3 км вокруг АЭС «Фукусима-1» и о необходимости оставаться в помещениях для жителей 10-километровой зоны.

Продолжительная нехватка электричества на Фукусиме Даичи истощает батареи резервных модулей постоянного тока, стало невозможно контролировать параметры и дистан-

ционно управлять трубопроводной арматурой. Уровень воды в реакторе уже не контролировался. Давление в ядерных реакторах возрастает из-за снижения уровня теплоносителя. ТЕРСО объявила, что уровень давления в первом реакторе вдвое превышает нормальный. В **16:36** в связи с отказом системы охлаждения активной зоны ТЕРСО в соответствии с действующими правилами объявила о чрезвычайной ситуации на АЭС.

Пар отводился и конденсировался в тороидальном бассейне, в нижней части реакторного помещения. Когда несколько метров воды над активной зоной испарились (в первом блоке это произошло через 8 ч), тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) начали обнажаться и перегреваться. При температуре 1200 °С водяной пар вступил в реакцию с циркониевыми оболочками ТВЭЛов. Скорость этой экзотермической реакции зависит не только от температуры, но и от давления пара. Давление в защитной оболочке (контейнменте) и тороидальном конденсаторе (компенсаторе давления – барботёре) быстро росло. В **4:15 12 марта** давление в контейнменте по записям персонала достигло 840 кПа (проектное – 427 кПа). В 05:14 продолжается рост радиации на площадке, затрудняющий проведение работ.

Руководство ТЕРСО оказалось перед выбором: сбросить давление для уменьшения угрозы взрыва или ждать, когда расплавится активная зона. Слабым местом оказался тор, он взорвался. Водород попал в помещение реакторного блока после продувки барботёра в вентиляционную трубу (помещения реакторного здания по проекту использовались в качестве вторичной защитной оболочки). Первая искра привела к взрыву гремучей смеси. Этого можно было избежать, если бы руководство станции своевременно приняло решение о подаче в реакторы морской воды. Но морская вода делала реакторы непригодными для дальнейшей эксплуатации. Из-за интересов коммерции решение об использовании морской воды на тот момент было отложено.

В **05:30**, несмотря на высокий риск воспламенения водорода вследствие реакции с кислородом, принимается решение сбросить пар, содержащий небольшое количество радиоактивных веществ в защитную оболочку, чтобы ослабить давление внутри реактора 1 «Фукусима-1». В связи с закачкой свежей (пресной) воды в первый реактор в 05:46 12 марта развитие повреждения корпуса реактора приостано-

вилось. В 06:50 ядро первого реактора расплавилось и упало на дно корпуса реактора (в тот момент это было неизвестно). Для предотвращения разрушения контейнмента в 09:15 вручную был открыт на 25 % моторный клапан сброса парогазовой смеси из защитной оболочки в вентиляционную трубу.

В 10:09 небольшое количество пара было сброшено в атмосферу для снижения давления в реакторе I блока «Фукусима-1». Снижение давления также было необходимо для того, чтобы позволить пожарным в связи с исчерпанием запасов чистой воды закачать морскую воду непосредственно в реактор. В 14:00 был произведён ручной сброс давления в защитной оболочке. В 14:50 закачка воды в первый реактор останавливается.

Около 15:36 произошёл взрыв в верхней части реакторного здания. Расчёты показывают, что в реакторе блока № 1 могло выделиться около 800 кг водорода. В результате взрыва крыша и внешние стены операционного зала в верхней части здания реактора, а также крыша здания переработки отходов были разрушены. Радиоактивные вещества были выброшены при взрыве в окружающую среду. В результате плавления топлива и последующих утечек газов из защитной оболочки в окружающую среду были выброшены все благородные газы, около 1 % теллура, около 0,7 % йода и около 0,3 % цезия.

В **19:04** в реактор первого блока начинается закачка морской воды непосредственно в защитную оболочку реактора с помощью пожарных машин.

Давление во втором реакторе «Фукусима-1» регулировалось автоматически предохранительными клапанами, работа которых совместно с системой охлаждения изолированной активной зоны RCIC привела к росту температуры в барботёре. В 15:30 зафиксирована тенденция к повышению температуры в барботёре. В 15:36 насосы системы отвода остаточного тепла RHR последовательно остановились из-за повреждения цунами систем электроснабжения. Из-за наводнения были потеряны два дизель-генератора, панели распределения питания и аварийные шины, включая систему постоянного тока, насосы морской воды для охлаждения. Наступило полное обесточивание блока. Были отключены средства дистанционного контроля, освещения, отвода остаточного тепла от реактора.

В 22:00 11 марта уровень воды в реакторе был достаточным (+3 м). С 04:20 по 05:00 12 марта уровень воды в баке запаса конденсата сни-

жался, а в барботёре – увеличивался. Для продолжения работы системы RCIC забор воды для неё был переведён на барботёр, то есть была заменена холодная вода из бака запаса конденсата на воду барботёра, разогреваемую сбросами пара из реактора через предохранительные клапаны. Около 12:00 12 марта давление в барботёре превысило таковое в защитной оболочке. Возник обратный переток неконденсирующихся газов из барботёра в защитную оболочку; 13 марта давление остаётся высоким. Для его снижения принимается решение сбросить радиоактивный пар в атмосферу.

12 марта ТЕРСО признала отказы систем расхолаживания трёх из четырёх блоков АЭС. Из-за отсутствия охлаждения температура в активной зоне реакторов превысила 1800 °С. В результате термической диссоциации оставшаяся в активной зоне вода стала разлагаться на кислород и водород. По достижении предельного давления газов и взрывоопасной концентрации водородно-кислородной смеси произошёл взрыв, вызвавший разрушение конструкций, включая оболочку и защитный корпус реактора. Вследствие этого случился выброс в атмосферу радиоактивных нуклидов и значительное тепловое, газовое и химическое загрязнение окружающей среды. В прессе появляется информация об обнаружении вблизи станции радиоактивного цезия. Интенсивное тепловое загрязнение привело к возникновению высокотемпературных пожаров. Дальнейшее выделение тепловой энергии в активной зоне реакторов при отсутствии отвода тепла привело к расплаву ТВЭЛов и образованию коридума, который под действием высоких температур начал испаряться.

Топливные стержни первого блока стали видны над водой через 4 ч после аварийного отключения станции, полностью расплавились через 16 ч. На расплавление ТВЭЛов блоков понадобилось 60 ч, на расплавление ректора – 100 ч.

В **02:40** батареи резервного питания компенсатора давления III реактора вышли из строя. В **04:15** обнажились топливные стержни III реактора. Из-за цунами были потеряны насосы морской воды, осуществляющие отвод тепла от остановленных реакторов № 5 и 6. После потерь систем охлаждения давление в реакторах за счёт остаточного тепла увеличилось, достигнув в блоке № 5 почти 8 МПа. В 06:06 12 марта был сделан сброс давления из корпуса реактора № 5, однако оно вновь продолжало расти из-за остаточного тепловыделения.

12 марта в 05:44 эвакуация объявлена из 10-километровой зоны. В 15:30 объявляется эвакуация жителей трёхкилометровой зоны в радиусе станции «Фукусима-2», а в **18:25** – жителей из 20-километровой зоны вокруг АЭС «Фукусима-1». В **15:36** происходит мощный взрыв водорода во внешней оболочке первого блока, что приводит к её разрушению. Ранено четверо рабочих.

В **21:40** зона эвакуации вокруг «Фукусимы-2» расширяется до радиуса 10 км.

На блоке № 3 после остановки 13 марта в 02:42 системы НРСИ подача воды в реактор началась только в 09:25, плавление топлива – в 07:40. Так же, как и на блоке № 2, задержка подачи воды в реактор связана с проблемами со сбросной пневмоарматурой, возникшими при проведении операции по снижению давления в реакторе. Проблемы управления пневмоарматурой возникали и в другие моменты аварии, в том числе при сбросе давления из защитной оболочки, чего требовала технология «сброс-подпитка».

13 марта в 04:00 давление в корпусе реактора падало до 0,5 МПа, а в 14:00 зафиксирован подъём давления до 0,6 МПа, в 18:00 давление под оболочкой снова начало падать. Предполагают, что эти явления связаны с процессами разуплотнения корпуса реактора и защитной оболочки.

13 марта объявлено о возможном частичном расплавлении III реактора. К **13:00** в I и III реакторах снижено давление и заново заполнены водой и борной кислотой для охлаждения и сдерживания ядерных реакций.

Началась массовая эвакуация населения из 20-километровой зоны вокруг «Фукусимы-1» (эвакуировано около 170 тыс. человек) и 10-километровой зоны вокруг «Фукусимы-2» (около 30 тыс. человек).

13 марта с помощью конденсатного насоса подпитки, который получил электропитание от аварийного дизель-генератора блока № 6, в реакторы № 5 и 6 успешно была закачана вода. После 14 марта давление в реакторах регулировалось с помощью управления предохранительными клапанами реакторов, а уровень воды – посредством неоднократной заливки реакторов водой из бака запаса конденсата конденсатным насосом подпитки.

Утром 14 марта ускорился рост давления в корпусе реактора № 2, с 11:30 уровень воды в реакторе начал падать. Рост давления продолжался до 13:25, около 12:00 система RCIC

остановилась, в 16:20 уровень воды в реакторе упал до верхнего уровня топливных сборов, что означало потерю охлаждения реактора. Эксплуатирующая организация сделала об этом сообщение. В 16:34 началась операция по открытию предохранительных клапанов с целью снижения давления в корпусе реактора альтернативной закачкой воды низконапорными пожарными насосами, к 18:00 зафиксировано снижение давления, уровень воды в реакторе упал.

В связи с возникшими проблемами подачи воздуха для управления пневмоприводами предохранительных клапанов до первых часов 15 марта происходило труднообъяснимое изменение давления в корпусе реактора и защитной оболочке и соответственно уровня воды в реакторе. В 19:54 начата закачка морской воды в реактор с помощью пожарных насосов. Таким образом, перерыв в охлаждении активной зоны с 13:25 составил 6 ч 29 мин, топливо расплавилось и переместилось в нижнюю часть корпуса реактора. Альтернативная закачка воды была мала, и через 80 ч после землетрясения, приблизительно в 22:50 14 марта – 04:00 15 марта, корпус реактора был повреждён. Предполагалось, что вода уходила из нижней части корпуса реактора через его неплотности.

В 00:00 15 марта сделан повторный сброс давления в защитной оболочке. В 06:10 произошёл взрыв водорода. Реакторное здание не повреждено, частично разрушена крыша соседнего здания обработки отходов. Произошёл сброс радионуклидов в окружающую среду, дозы облучения в помещениях увеличились. Предполагается, что к этому времени в реакторе произошла пароциркониевая реакция, и образовавшийся водород (по расчётам от 350 до 800 кг) через открытые предохранительные клапаны реактора попал в барботёр, где и взорвался. Расчётами показано, что в окружающую среду были выброшены благородные газы, 0,4–7,0 % йода, 0,4–3,0 % теллура и 0,3–6,0 % цезия.

14 марта около 9 ч у побережья Хонсю происходит новое сильное землетрясение мощностью в 6,2 балла.

14 марта в 11:01 произошёл взрыв водорода (по расчётной оценке около 600 кг) в верхней части здания III энергоблока, ранено 11 человек. Реактор и его защитная оболочка не повреждены. Взрыв разрушил зал обслуживания реактора, северную и южную наружные стены этажа, расположенного под этим залом, и здание по переработке отходов, произошло возгорание масла системы управления частотой

вращения насосов рециркуляции, расположенной в сильно повреждённой западной стороне на четвёртом этаже этого здания, нарушено водоснабжение второго блока. II реактор содержал воды меньше нормального уровня (считалось, что он стабилен, несмотря на то что давление внутри реактора было высоким). По заявлениям ТЕРСО, выбросов радиоактивных веществ не произошло, кроме того, что выброшено при сбросе пара.

Взрыв повредил временные охлаждающие системы, возникли проблемы с вентиляционными системами, в результате чего II реактор оказался в самом тяжёлом состоянии. Взрыв в компенсаторе давления **15 марта** вызвал повреждение оболочки II блока. В IV энергоблоке вспыхнул пожар, затронувший отработавшие топливные стержни. Уровень радиации на станции значительно возрос. Расчётами показано, что в окружающую среду были выброшены благородные газы, 0,4–0,8 % йода и 0,3–0,6 % других нуклидов. Радиационная эквивалентная доза в помещении в непосредственной близости от III энергоблока составила 400 мЗв/ч (естественным уровнем природной радиации считается 0,1 мкЗв/ч) [1].

Зона в радиусе 30 км вокруг станции объявляется закрытой для полётов самолётов. По некоторым данным, на 15 марта были эвакуированы от 185 до 200 тыс. человек. Начинается исход иностранцев – многие зарубежные компании и представительства эвакуируют своих работников из Японии. В США начинают готовиться к возможному приходу радиоактивного облака. В мире прокатывается новая волна протестов против атомных станций [2, 4, 22].

В здании блока № 4 11 марта с приходом цунами остановились один работающий аварийный дизель-генератор, насосы морской воды и были затоплены распределительные устройства. Функции охлаждения и водоснабжения бассейна отработавшего топлива были потеряны. К 04:08 14 марта охлаждение воды в бассейне отработавшего топлива блока № 4 отсутствовало и температура воды поднялась до 84 °С. Хранившееся отработавшее топливо нагрелось до высокой температуры из-за низкого уровня воды, и взрыв был вызван водородом вследствие реакции паров воды с цирконием оболочек ТВЭЛов. Кроме того, на соседнем блоке № 3 образовалось большое количество водорода в результате повреждения активной зоны, и его часть была выпущена из контеймента в вентиляционную трубу, общую для блоков

№ 3 и 4 (вытяжной воздуховод блока № 3 соединяется с таким же воздуховодом блока № 4 до ввода их в ствол вентиляционной трубы).

Водород при вентиляции контейнмента блока № 3 мог затечь в помещения блока № 4. В 06:10 15 марта произошёл взрыв водорода в здании реактора № 2. Вся верхняя часть зала обслуживания реактора, западная стена и стена этажа ниже этого зала вдоль лестницы рухнули. В результате внешнего осмотра после взрыва утечек воды и трещин не обнаружено, топливо в бассейне отработавшего топлива блока № 4 не повреждено.

Из-за опасно возросшего уровня радиации (до 1 Зв/ч) ТЕРСО приостановила работы на станции и эвакуировала персонал. Утром 15 марта их было 800 человек, к вечеру осталось только 50. Из-за высокой радиации сотрудники могли находиться на пункте управления не более 10 мин.

16 марта в 14:30 ТЕРСО объявила, что вода в хранилище топливных стержней IV энергоблока может закипеть, увеличивая вероятность достижения критического уровня уязвимости топливных стержней. В 09:38 обнаружен пожар в северо-западной части четвёртого этажа здания реактора, но около 11:00 он прекратился. В 05:45 над станцией «Фукусима-1» появился белый дым, предположительно исходящий от III энергоблока. В прессе появляется информация об обнаружении вблизи станции радиоактивного цезия. С телеобращением к нации выступил император Акихито, что происходит лишь в исключительных случаях. В V и VI энергоблоки стали заливать воду.

17 марта вертолёты гражданской обороны четырежды сбрасывали воду на реакторы III и IV энергоблоков. Во второй половине дня было объявлено, что IV реактор заполнен водой и ни один из топливных стержней не остаётся открытым.

Начаты восстановительные работы внешнего электрического снабжения всех шести энергоблоков «Фукусимы-1». Затопление нижних отметок турбинного здания, где находилась основная масса кабельных трасс, радиоактивной водой, которую некуда было откачивать, затрудняло прокладку новых кабелей и ввод их в щитовые устройства. Большое количество щитовых устройств требовало сушки и испытаний перед подачей напряжения. Местность была загромождена остатками разрушенных землетрясением и цунами зданий и транспорта. Требовалось устранить повреждения оборудо-

вания внешнего электроснабжения или создать временные обходные схемы.

Взрывы привели к повреждению временных коммуникаций и пожарных машин. Для тушения пожаров и охлаждения повреждённых реакторов ликвидаторы использовали уцелевшие стационарные средства, переносные приспособления, плавательные средства и летательные аппараты, способные подавать к очагу аварии морскую воду, пожарные машины, имеющие насосы с моторным приводом. Для подачи воды через разрушенные взрывами перекрытия были привлечены водомёты для разгона демонстраций и строительные бетононасосы, которые оказались наиболее приемлемыми для таких операций. Но их производительность была недостаточной для устранения интенсивного тепловыделения в повреждённых реакторах.

С 19:00 полицейские и пожарные при помощи пожарных рукавов с высоким давлением воды пытались распылить воду над III энергоблоком. Вода подавалась в верхнюю часть разрушенного защитного корпуса реактора, попадала в зону высоких температур, не на источник теплового выделения, мгновенно превращалась в пар, разлагавшийся на кислород и водород, приводящих к новым взрывам. Для распыления воды непосредственно в реакторы президент компании Chio Construction предложил использовать два установленных на грузовиках бетононасоса.

Разрушение зданий I, III и IV блоков сыграло и положительную роль: улучшилось охлаждение контейнментов реакторов, а значит, и самих реакторов. Съёмка тепловизором показала, что температура кровельного покрытия II блока, здание которого было слабо повреждено, поднималась выше 150 °С. Можно представить, какой была температура в самом здании и тем более внутри реактора. Такая же картина характерна для блоков I и III.

18 марта токийский пожарный департамент направил тридцать пожарных машин с 139 пожарными и командой спасателей, включая пожарный грузовик с 22-метровым водонапорным насосом для распыления охлаждающей воды. **19 марта** их сменила команда из 100 токийских и 53 осакских пожарных. Вода распылялась в течение 7 ч, что позволило снизить температуру на III блоке до 100 °С, а уровень радиации понизить с 351,4 до 265 мЗв/ч. Высокий уровень радиации (150 мЗв/ч) был обнаружен на территории тридцати километров на северо-запад от станции «Фукусима-1». Япон-

ские власти присвоили ситуации уровень «5». Потеря охлаждения активной зоны IV энергоблока была классифицирована как уровень «3». Компания ТЕРСО сообщила, что все четыре энергоблока «Фукусимы-1» перешли в режим «холодного останова», то есть температура охладителя в них стала ниже 100 °С, и все системы охлаждения полностью работоспособны, налажена их стабильная работа.

19 марта был установлен временный насос морской воды для активации системы охлаждения реакторов RHR блоков № 5 и 6. Топливо в реакторах и в бассейнах хранения поочерёдно охлаждается путём переключения системы RHR. 20 марта в 14:30 реактор № 5 и в 19:27 реактор № 6 приведены в состояние «холодного останова».

20 марта ко II энергоблоку было подключено внешнее электричество, продолжились работы по восстановлению оборудования. Отремонтированные дизельные генераторы VI энергоблока позволили запустить охлаждение V и VI энергоблоков, что снизило температуру воды в их бассейнах до нормальной. Генеральный секретарь Кабинета министров Эдано объявил, что ядерный комплекс «Фукусима-1» будет закрыт, как только минует кризис. С 21 марта введены ограничения на употребление различных сельскохозяйственных культур.

В **15:55 21 марта** над III энергоблоком появился серый дым. Работы по восстановлению энергоснабжения приостановились из-за вероятного возникновения пожара. В **18:22** белый дым, сопровождавшийся временным повышением уровня радиации, был замечен над II энергоблоком. **21 марта** ТЕРСО было заявлено, что с восстановлением энергоснабжения кризис не закончится, так как повреждённые системы охлаждения ремонту не подлежат, их нужно менять. **22 марта** дым над II и III энергоблоком сохраняется. Возобновились ремонтные работы, так как повышения уровня радиации нет. Продолжилась закачка морской воды в I, II и III энергоблоки. Ко всем шести энергоблокам подведены кабели резервного энергоснабжения.

Из-за чёрно-серого дыма, вновь появившимся над III реактором **23 марта**, сотрудников снова эвакуировали. Внутри повреждённого здания реактора возник небольшой пожар. За счёт восстановленной системы водоснабжения I энергоблока увеличено количество воды внутри реактора. В токийской питьевой воде выявлен уровень радиации, вдвое превышающий норму.

21 марта подано напряжение от внешнего источника на блок № 5, 22 марта – на блок № 6, восстановлено освещение БПУ блока № 3; 23 марта велось подключение кабелей для питания механизмов на блоке № 2; 24 марта восстановлено освещение на БПУ блока № 1.

На 23 марта эвакуировано более 320 тыс. человек, с учётом и людей, эвакуированных из-за цунами. К 24 марта уровень радиации вблизи станции снизился до 200 мЗв/ч. Трое рабочих подверглись радиоактивному облучению из-за просочившейся в защитные костюмы радиоактивной воды, двоим работникам понадобилась срочная госпитализация. Инфракрасное обследование зданий реакторов показало, что температура I, II, III и IV энергоблоков снизилась до 11–17 °С, температура в контуре реактора 30 °С.

25 марта в турбинах I и II энергоблоков была также обнаружена радиоактивная вода. По-видимому, в защитной оболочке реактора появилась пробоина. Содержание йода-131 в морской воде составило 50 Бк/мл, что в 1250 раз превышало норму. **26 марта** уровень радиации около станции ещё высок – 170 мЗв/ч. Появилась возможность заполнения реакторов пресной водой, доставленной на двух баржах ВМС США, вместо морской до необходимого уровня. **27 марта** уровень радиационного загрязнения воды на II и III энергоблоках был выше 1000 и 750 мЗв/ч соответственно. Технические работы по восстановлению системы охлаждения повреждённых энергоблоков отложены. Видеозапись вертолетами сил гражданской обороны позволила получить более точную картину повреждений:

- белый дым-пар над зданиями II, III и IV энергоблоков;
- крыша здания II энергоблока сильно повреждена, но ещё цела;
- на здании III энергоблока отсутствует крыша, разрушенная взрывом водорода, произошедшего через две недели после катастрофы;
- стены здания IV энергоблока также разрушены.

28 марта радиоактивная, по-видимому, субстанция из расплавленных топливных стержней II энергоблока попала в воду, используемую для охлаждения, которая просочилась в подвал здания, где расположены турбины II энергоблока. Количество закачиваемой воды во II энергоблок было уменьшено с 16 до 7 т, что могло вызвать повышение температуры реактора. Из-за высокорadioактивной воды приостановлены работы по восстановлению насо-

сов охлаждения и других мощностей с I по IV энергоблок. Небольшое количество плутония обнаружено в пяти образцах, найденных с **21 по 22 марта** в двух местах на станции (в области твёрдых отходов и в поле).

29 марта продолжилось распыление воды над I–III реакторами. Радиоактивная вода начала поступать в каналы технического назначения за пределами зданий трёх энергоблоков. Это не позволяло продолжить восстановление охлаждающих и других автоматизированных систем.

30 марта председатель совета директоров ТЕРСО Ц. Катсумата объявил на пресс-конференции, что не ясно, как могли бы быть решены проблемы на станции. Безотлагательным было удаление радиоактивной воды из подвалов зданий и соли из реакторов, образовавшейся из-за использования морской воды.

31 марта выкачена радиоактивная вода из канала технического назначения около I реактора в спецёмкость рядом с IV реактором. Вода из конденсаторов II и III энергоблоков выкачена во внешние резервуары. Самый большой в мире бетононасос направлен в Фукусиму из США. 62-метровый насос пожертвовал китайский производитель SANY.

2 апреля обнаружено, что через 20-сантиметровую трещину в бетонном канале для кабеля энергоснабжения насосов, соединяющим море и II энергоблок, загрязнённая вода со II энергоблока сливается в море.

3 апреля, несмотря на введение водопоглощающей смеси из полимеров, опилок и измельченной бумаги, утечка радиоактивной воды в море продолжается. Уровень радиационного загрязнения воды составлял 1 Зв/ч.

3 апреля осуществлён перевод насосов, закачивающих воду в реакторы блоков № 1, 2 и 3, на электроснабжение от внешнего электроисточника.

4 апреля ТЕРСО начала сбрасывать низко-радиоактивную воду в Тихий океан. Это позволило использовать станционное хранилище РАО для хранения более опасной радиоактивной воды. Планировалось слить 11 500 т радиоактивной воды в море.

6 апреля МАГАТЭ настояло на введении в отверстие силиката натрия (жидкое стекло) для предотвращения утечки радиоактивной воды. Министром экономики, торговли и промышленности принято решение о вводе азота в защитную оболочку с целью предотвращения взрыва водорода в оболочке блока № 1.

В течение всего марта и апреля происходят новые подземные толчки в районе острова Хонсю.

7 апреля в 01:31 начат ввод азота в защитную оболочку I реактора для того, чтобы разбавить накопленный водород и исключить атмосферный кислород, давление в оболочке было увеличено на 0,05 МПа. Предполагалось, что трубы ввода парогазовой смеси в барботёр не погружены в воду. В связи с этим прилагались усилия по определению уровня воды в барботёре.

Повторились толчки силой до 7,4 балла. Большинство рабочих были эвакуированы со станции. Новых повреждений после землетрясения нет, но температура I реактора увеличилась и сопровождалась выбросом радионуклидов (100 Зв/ч) в колодец. Приборы показывали рост давления в реакторе.

9 апреля Япония всё ещё борется за сохранение воды в реакторах для их охлаждения, чтобы предотвратить дальнейшее расплавление ядерных топливных элементов. ТЕРСО приобрела два 95-тонных автобетононасоса, доставленных из России самолётами АН-124. Ими можно управлять дистанционно на расстоянии 2 миль, и воду можно направлять непосредственно в повреждённые реакторы.

11 апреля прервана подача охлаждающей жидкости в I и III энергоблоки из-за потери энергоснабжения вследствие землетрясения.

12 апреля Япония официально повысила уровень аварии до 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий (аналогично аварии на Чернобыльской АЭС). Вследствие взрыва водорода на I энергоблоке **12 марта** и выбросов с III энергоблока сумма выбросов радиоактивно йода достигла 190000 трлн Бк.

Во время Чернобыльской аварии в атмосферу было выброшено в 10 раз больше радиоактивных нуклидов, чем при аварии на «Фукусиме-1» до 12 апреля. Общее количество радиоактивных материалов, хранящихся на «Фукусиме-1», в 8 раз больше, чем хранилось в Чернобыле. Выбросы на «Фукусиме-1» продолжались. После приостановки действий по охлаждению бассейна выдержки IV блока (из-за ложного предупреждения о наполненности бассейна) температура воды в бассейне выросла до 90°C. Уровень радиации от поверхности бассейна достиг 84 мЗв/ч.

15 апреля сообщается о том, что уровень радиации воды в некоторых зонах станции составил 1000 мЗв/ч, что свидетельствует о продолжающейся утечке радионуклидов из активной зоны.

Шестая неделя: в I, II, III реакторах ТВЭЛы расплавились, топливо ушло в нижние секции реакторов. Предполагалось, что топливо равномерно рассредоточилось по нижним частям реакторов, что делало «маловероятным» дальнейшее возобновление процесса деления.

17 апреля была принята программа неотложных аварийных мер: охлаждение реакторов и бассейнов отработавшего топлива путём организации непрерывной замкнутой циркуляции охлаждающей воды через них; надёжный отвод тепла от отработавшего топлива, находящегося в бассейнах; локализацию, сбор, хранение, переработку и повторное применение загрязнённых вод; защиту от несанкционированного проникновения загрязнённых грунтовых вод в море; уменьшение последствий выброса радионуклидов в атмосферу и на поверхность земли и ветровой перенос путём временного укрытия разрушенных зданий полимерными покрытиями и распыления закрепляющих почву и пыль полимерных составов; мониторинг доз облучения ликвидаторов аварии и населения и планирование эвакуаций; прогнозирование возможных последствий и защитные меры против цунами; повышение сейсмостойкости повреждённых зданий и сооружений.

18 апреля два робота вошли в I и III энергоблоки «Фукусимы-1» и измерили температуру, давление и уровень излучения (49 мЗв/ч в I энергоблоке и 57 мЗв/ч внутри III энергоблока). Роботы также вошли в здание II энергоблока, однако высокая влажность (более 90 %) внутри здания препятствовала обследованию (объектив камеры запотел).

Проводятся пробные распыления химических реагентов для осаждения радиоактивной пыли на территории 1200 м².

19 апреля начали выкачивать радиоактивную воду из подвала II энергоблока и тоннелей в приспособление для переработки отходов. По данным замеров от 20 апреля, в морской воде в 15 км от станции уровень радиации превышает норму в 5 раз. 21 апреля в 11:00 даны распоряжения об уточнении границ зон эвакуации в соответствии с требованиями законодательства о стихийных бедствиях.

22 апреля президент ТЕРСО М. Шимуцу официально извинился перед губернатором префектуры Фукусима Ю. Сато за ядерный кризис, последовавший за землетрясением и цунами 11 марта 2011 г. В 14:30 даны распоряжения об определении на случай возникновения опасности зон с укрытием в помещениях, зон возможной эвакуации и зон эвакуации.

26 апреля проводится распыление химических реагентов для осаждения радиоактивной пыли.

27 апреля уровень радиации, измеренный роботами внутри I энергоблока, достиг самого высокого показателя 1120 мЗв/ч.

28 апреля советник премьер-министра признаёт, что правительство Японии во избежание паники умышленно занижало истинные значения выбросов радионуклидов. Уровень опасности с самого начала соответствовал «7» по шкале событий.

Первые результаты новой стратегии компании ТЕРСО по созданию большого «водяного саркофага» в первых трёх реакторах оказались положительными, и к концу мая обстановка на АЭС «Фукусима-1» относительно стабилизируется.

В мае для предотвращения распространения радиоактивной пыли над зданиями аварийной АЭС произведено распыление склеивающего вещества. Уровень радиации у границ территории станции достиг нормы (менее 1 мЗв/год). Несмотря на достижение «холодного останова» АЭС «Фукусима-1», по-прежнему происходила утечка радиоактивной воды, в результате чего в Тихий океан попало большое количество радиоактивных веществ. Из-за пробойны в одном из каналов системы очистки из неё вылилось 120 т высокорadioактивной воды. Уровень радиации на участке разлива в сотни раз превысил норму – 140 тыс. Бк/см³. Уровень радиоактивного цезия в рыбе, выловленной в близлежащей префектуре Мияги, превысил 360 Бк/кг при норме 100 Бк/кг, что заставило местных рыбаков остановить промысел морского окуня [24].

С помощью компьютерного моделирования японское Агентство по изучению Земли и океана JAMSTEC создало карту распространения в океане цезия-137 в период с марта 2011 г. по 27.01.2012 г. Учёные рассчитали движение радиоактивных частиц, обусловленное океанскими течениями, с учётом периода полураспада радионуклидов. Анализ показал, что через 2 месяца загрязнённость ближайшей акватории будет ниже возможности обнаружения стандартными приборами.

5 мая рабочие вошли в здание I реактора, чтобы подключить системы фильтрации воздуха для поглощения радионуклидов внутри здания, что позволит начать замену охлаждающих систем; 8–9 мая были открыты двойные двери на северной стороне, чтобы проветрить здание.

11 мая уровень цезия-134, -136, -137, йода-131 повысился.

12 мая инженеры ТЕРСО подтвердили, что произошло расплавление ядерных топливных элементов реактора, и топливные элементы упали на днище реактора. Топливные стержни I реактора полностью покрыты водой. Подтверждено существование отверстий в основании защитной оболочки реактора, которые были прожжены расплавленной активной частью. Ядерное топливо просочилось в защитную оболочку, повреждённую взрывом во время аварии. Активная часть была повреждена в I, II, и III реакторах.

15 мая уровень радиации на первом этаже I энергоблока 2000 мЗв/ч. Рабочим разрешено находиться там не более 8 мин. Из защитной оболочки реактора в подвал вытекает большое количество воды. Одиннадцатиметровый по высоте подвал наполовину заполнен водой.

По данным ТЕРСО, топливные стержни I реактора стали видны над водой через 4 ч после землетрясения и аварийного отключения станции и полностью расплавились через 16 ч.

18 мая четверо рабочих вошли в здание II реактора, чтобы измерить уровень радиации. Они получили дозу облучения в 3 и 4 мЗв/ч.

С 10 по 22 мая 2011 г. в Тихий океан из III реактора вытекло не менее 250 т радиоактивной воды.

24 мая ТЕРСО признала факт расплавления активных зон II и III энергоблоков. На расплавление топливных стержней ушло 60 ч, на расплавление реактора – 100 ч (после 9-балльного землетрясения).

2 июня исследования, проведённые компанией Токио Дэнтэку в двух местах примерно в 3 км от побережья, обнаружили на морском дне стронций-89 и -90 с уровнем радиации до 44 Бк/кг. Исследования были проведены в 20 км к северу и к югу от ядерного комплекса. 12 июня концентрация радиоактивного стронция в морской воде в 240 раз превысила допустимые параметры. Радиоактивный стронций обнаружен также в грунтовых водах вблизи 1-го и 2-го энергоблоков на территории АЭС.

19 июня ТЕРСО приступило к демонтажу верхнего разрушенного этажа здания IV энергоблока. 28 июня сообщалось, что 3-й и 4-й энергоблоки аварийной АЭС будут накрыты 62 специальными листами толщиной в 1 мм, которые будут прикреплены к металлическим конструкциям зданий. **30 июня** низкорadioактивные воды с АЭС «Фукусима-1» начали закачивать в искусственный плавучий остров «Мегафлот» длиной 136 м, шириной – 46 м и высотой – 3 м, способный вместить 10 тыс. т воды.

16 июля первый этап ликвидации аварии на АЭС, который подразумевал начало стабильного охлаждения реакторов и закачивание азота для предотвращения взрыва водорода, выполнен.

Атака 11 марта 2011 г. была совершенно невиданной силы. Землетрясение и цунами породили техногенную катастрофу на атомной станции, которая, в свою очередь, стала причиной экологической и гуманитарной катастрофы на большой территории. Возникли пожары в 6 префектурах, в том числе на крупнейших нефтеперерабатывающих заводах Сендай и Итихара. Были полностью разрушены ряд автострад, железнодорожные пути, закрылись морские порты, затоплено 4 больших города. Сендайский аэропорт был смыт водой; 5 аэропортов, в том числе в Токио и Саппоро, прекратили работу. Более миллиона домов лишились водоснабжения и электропитания. Окружающая среда оказалась заражена, люди были вынуждены в спешке покинуть свои дома, возможно, навсегда. Число погибших в 12 префектурах Японии составило 15467 человек, 7482 – числятся пропавшими без вести, ранены 5388 человек. Экономический ущерб от цунами превысил 300 млрд долларов. Всё это вместе нанесло тяжёлую психологическую травму не только народу Японии, но и всему населению земного шара. Колоссальные экономические потери в результате аварии легли на плечи всего международного сообщества [13, 21, 23, 25].

Воздействие стихии ощутили на себе и российские территории, в частности, Южные Курилы и Сахалин. Вблизи острова Шикотан волны вздымались на высоту до трёх метров, возле Итурупа – до двух. Стоявшие в портах корабли отправили в открытое море, жителям предписали покинуть район побережья. После оповещения МЧС 11 тысяч человек покинули опасную зону [1, 19]. Лишь только гигантские волны достигли берегов Антарктики, угроза цунами была объявлена по всему Тихоокеанскому региону – на Филиппинах, в Индонезии и странах Латинской Америки [14].

В настоящее время ситуация на АЭС «Фукусима-1» полностью стабилизирована. Над I, II и IV блоками должны появиться защитные бетонные саркофаги. Сейчас они накрыты защитными колпаками из полиэфирных панелей. Началась подготовка к извлечению отработавших стержней из расположенных над реакторами бассейнов выдержки.

В части оценки последствий радиационного воздействия аварии по данным радиологиче-

ского анализа можно выделить два периода интенсивного выброса радиоизотопов: первый соответствовал взрывам на реакторах с 12 по 15 марта, когда в атмосферу были выброшены короткоживущие радионуклиды, второй период – с 20 по 24 марта во время сильного разогрева и разгерметизации реакторов.

Если на первом этапе уровень радиоактивности снижался весьма быстро, почти до естественных природных значений, то на втором этапе, когда территории вокруг АЭС были загрязнены радиоизотопами йода и цезия, спад активности стал менее динамичен. **30–31 марта** наблюдался существенный подъём радиоактивности вследствие взрыва водорода на I энергоблоке **12 марта** и выбросов с III блока. Сумма выбросов йода-131 достигла 190 тыс. ТБк (1 ТБк эквивалентен 1 трлн Бк). К **15 марта** уровень аварии на АЭС «Фукусима-1» был повышен до 7-го, достигнув оценки аварии на ЧАЭС.

В связи с господствующими в аварийный период ветрами в районе Японии основная масса выброшенных радионуклидов ушла в северо-восточном и восточном направлениях в сторону Тихого океана, достигнув берегов США (рис. 1).

Наличие радиоактивных изотопов было выявлено за тысячи километров от места аварии [1, 14]. Основные радионуклиды, выброшенные из реакторов, – йод-131 и цезий-137. Всего в воздух было выброшено $1,5 \cdot 10^{17}$ ($1,8 \cdot 10^{18}$ – на ЧАЭС) Бк йода-131 и $1,2 \cdot 10^{16}$ ($8,5 \cdot 10^{16}$ – на ЧАЭС) Бк цезия-137. Выполнен-

ная оценка количества радиоактивных веществ, сброшенных в море с загрязнённой водой, показала, что с блока № 2 сброшено $4,7 \cdot 10^{15}$ Бк, с блока № 3 – $2,0 \cdot 10^{13}$ Бк, с блоков № 5, 6 – $1,5 \cdot 10^{11}$ Бк.

На момент аварии правительство Японии имело запас в 250 тыс. доз йодистого калия, 200 тыс. доз было выделено населению для профилактики в самый первый период. Правительство Японии считает, что переоблучение щитовидной железы у населения маловероятно. Люди были отселены в радиусе 20 км от «Фукусимы-1». Живущим в радиусе 20–30 км от АЭС рекомендовано отселиться добровольно. Для некоторых пунктов принято решение об обязательной эвакуации. Заметного влияния радиации на здоровье населения не ожидается. Доз, превышающих нормы аварийного облучения, зафиксировано не было [1, 9, 13].

Уровень облучения, вызванного присутствием «японских» радионуклидов, обнаруженных в ряде стран мира, намного ниже фоновых значений [21, 22, 24, 25]. На расстоянии 30 км от АЭС уровень радиоактивного излучения 0,2–26 мкЗв/ч (фоновые значения – 0,05–0,1). Для сравнения: в самолёте на высоте 9 тыс. м – 4–7 мкЗв/ч, в горной местности – около 0,5 мкЗв/ч.

Ожидается, что системы охлаждения реакторов будут работать 2–3 года, по истечении которых эти системы можно будет отключить. В настоящее время существуют проблемы герметизации повреждений защитных оболочек реакторов № 1, 2, 3.

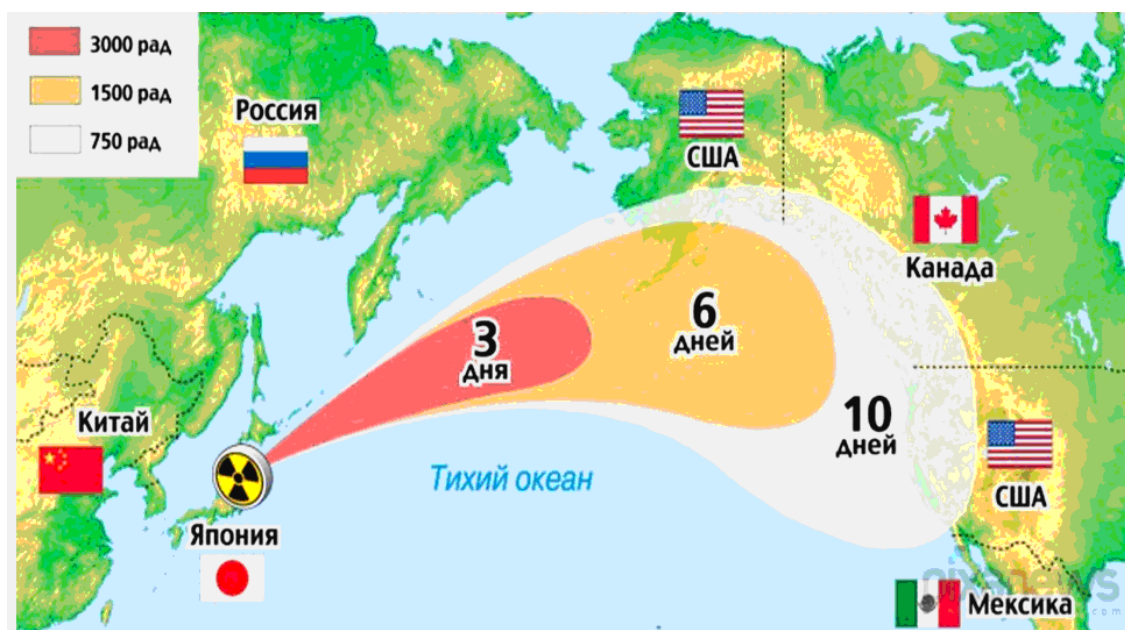


Рис. 1. Зона распространения ядерного облака в результате аварии на АЭС «Фукусима-1»

В течение 10 месяцев ТЕРСО могла лишь предполагать, что происходит внутри реакторов после расплавления топлива. В **январе 2012 г.** удалось получить первые кадры при помощи оптоволоконной камеры. Эндоскоп был введён через отверстие в II реакторе на высоте 7 м от дна защитной оболочки. Получено подтверждение, что топливо остаётся относительно холодным.

Из IV блока АЭС «Фукусима-1» продолжается утечка высокоактивной воды. Точно места протечек установить пока не удалось. Вытекающая вода поступает в цокольный этаж здания IV реактора.

Суммарный выброс радионуклидов йода и цезия на «Фукусиме-1» пока соответствует 10%-ному объёму того, что было выброшено во время Чернобыльской аварии (без учёта урана и плутония, которые были подняты при пожаре из активной зоны реактора ЧАЭС). Суммарная мощность разрушенных реакторов «Фукусимы-1» почти в 4 раза превосходит мощность IV энергоблока ЧАЭС. К этому необходимо добавить накопившиеся за 40 лет эксплуатации «Фукусимы-1» отработавшие ТВС, также сыгравшие негативную роль в развитии аварии.

На «Фукусиме-1» безвозвратно утрачены 4 энергоблока, на ЧАЭС – один. Уже через полгода после Чернобыльской аварии I, II и III блоки ЧАЭС были запущены в работу.

Авария на АЭС «Фукусима-1» принципиально отличается от Чернобыльской, где произошёл одномоментный выброс радиоактивных веществ [12, 19, 20]. На «Фукусиме-1» не было взрыва ядерного реактора, не произошло масштабного разлёта радионуклидов по воздуху. Объём радиоактивных выбросов на «Фукусиме-1» оказался в 7 раз меньше, чем на ЧАЭС, и был направлен в основном в сторону океана. Утечка радиоактивно заражённой воды со станции продолжается, устранить её значительно труднее. Продукты питания требуют контроля, так как из-за накопления по пищевой цепочке в овощах, молоке, мясе могут содержать больше радионуклидов. Также необходим строгий контроль воды из-за миграции радиоизотопов в водоносных слоях.

Содержание радионуклидов цезия и йода в значительной части проб, отобранных и исследованных в весенне-летний период в Дальневосточных регионах России, находилось на уровне чувствительности методов измерения или ниже. В пробах овощей и рыбы, отобранных в Приморском, Хабаровском и Камчатском краях, цезий-134 не обнаружен. В пробах

рыбы, отобранных в мае в Приморье (навага), и в морских водорослях определялся йод-131 (2,9 и 8,9 Бк/кг соответственно), максимальное содержание цезия-134 в пробах рыбы, отобранных в Сахалинской и Магаданской областях, составило 4,7 Бк/кг, в морепродуктах, отобранных в Приморском крае и Сахалинской области, – 5,7 Бк/кг. В пробах овощей в Магаданской и Сахалинской областях цезий-134 содержался в незначительных количествах – от 0,9 до 1,8 Бк/кг. Консервативная оценка максимальных годовых доз облучения населения за счёт радионуклидов цезия-137 и -134 даёт следующие величины: для островов Кунашир и Шикотан – 38 мкЗв/год, для Приморского края – 37 мкЗв/год, для острова Сахалин – 24 мкЗв/год. Максимальная индивидуальная годовая доза облучения населения по данным весенне-летних обследований может составить 81 мкЗв [1].

За время аварии на АЭС «Фукусима-1» погибло 3 человека, ранено 20 человек. По заключению врачей, болезненное состояние 149 пациентов из 610 человек, поступивших в 27 больниц префектуры Фукусима в первые два месяца после аварии, связано с радиофобией. Правительство Японии выделило 1,24 млрд долларов на мониторинг здоровья жителей префектуры Фукусима в течение 30 лет. Одобрен план создания Агентства по атомной безопасности, отвечающего за мониторинг уровня радиации, которым ранее занималось Министерство по делам науки и техники. На шестой неделе после начала аварии началась масштабная проверка влияния аварии на здоровье населения и окружающую среду.

Авария на АЭС «Фукусима-1» изменила отношение людей к атомной энергетике во всём мире. Двадцать одно государство из 24, в которых проживает 60 % населения Земли, сразу после аварии высказалось за закрытие атомных станций. Численность противников атомной энергетики в Китае, Японии, Южной Корее возросла вдвое.

Экономический ущерб, нанесённый компании ТЕРСО – владельцу АЭС «Фукусима-1», достиг 32 млрд долларов, что составляет 80 % её стоимости до аварии. Размер компенсаций пострадавшим может достигать 130 млрд долларов. Ущерб от остановки АЭС «Фукусима-1» и других атомных станций оценивается в 90 млрд долларов ежегодно.

ТЕРСО планирует построить морскую дамбу на северо-западе острова Хонсю для защиты крупнейшей в мире (по установленной мощно-

сти) АЭС «Касивадзаки-Карива» от мощных цунами. Правительственная комиссия по вопросам ядерной энергетики подготовила план поэтапной ликвидации атомной станции «Фукусима-1». Извлечение отработанного ядерного топлива из бассейнов начнётся в 2014 г. и закончится через 6 лет [1, 11]. Обнаруженное на глубине 7 м на дне бассейна выдержки III блока упавшее тяжёлое оборудование (перегрузочный узел весом 35 т, сорвавшийся в результате взрыва водорода на III блоке) может серьёзно осложнить операцию извлечения топлива из бассейна этого блока.

Начало наиболее сложного этапа ликвидации последствий аварии – извлечение расплавленного ядерного топлива из реакторов – планируется не раньше чем через 10 лет – в 2021 г. Этот процесс займет примерно 25 лет, после чего ещё 5 лет специалисты ТЕРСО будут демонтировать здания реакторов и другие строения на территории станции. Демонтаж АЭС «Фукусима-1» в общей сложности продлится 40 лет. Катастрофа на АЭС «Фукусима-1» поставила перед Японией сложные задачи по хранению и захоронению больших объёмов высокоактивных ядерных отходов. Их размещение на сейсмически активных островах не соответствует международным требованиям радиационной безопасности. Необходимы значительные территории с соответствующими геологическими условиями и согласие населения этих территорий на размещение иностранных ядерных отходов [7, 8].

Замещение выбывших энергетических мощностей в Японии будет компенсироваться дополнительной генерацией на природном газе. Терминалы приёма сжиженного природного газа и суда-газовозы от землетрясения не пострадали. Десять японских генерирующих компаний утратили использование нефтепродуктов. Потребление сжиженного газа возросло на 34 %.

Япония полностью перешла на тепловые станции, работающие на газе, угле, мазуте. Ежегодные расходы на закупки этих видов топлива могут возрасти примерно на 39 млрд долларов. Компания ТЕРСО сообщила об увеличении на 28,5 % топливной составляющей расходов на эксплуатацию генерирующих мощностей. О значительном росте расходов на топливо сообщают и другие генерирующие компании.

Из 50 оставшихся блоков в строю остаётся только один. Но может сложиться ситуация, при которой работающих атомных станций не останется из-за того, что прошедшие профилактику

два реактора АЭС «Оои» не успеют вступить в строй до 5 мая, когда будет остановлен последний работающий в стране реактор АЭС «Томари» на Хоккайдо.

Правительство вынесло решение о необходимости запуска реакторов, так как возникла угроза нехватки электроэнергии в промышленном районе Кансай, к которому относятся крупные промышленные центры Осака и Киото. При неблагоприятном стечении обстоятельств нехватка электричества может составить до 18,6 %. Если по крайней мере этим летом не начнут работать атомные электростанции, то ситуация в некоторых местах может стать напряжённой.

По состоянию на 1 января 2014 г. в Японии: в эксплуатации находится только 1 энергоблок; подтверждено строительство двух новых энергоблоков из 7 ранее запланированных; правительство и энергокомпании планируют перезапуск всех действовавших АЭС, кроме АЭС «Фукусима-1».

Новое японское правительство во главе с премьер-министром Синдзо Абэ, сформированное в 2013 г., приняло программу дальнейшего развития ядерной энергетики, содержащую положения об ужесточении безопасности АЭС. Несмотря на то что около 60 % населения страны пока выступают против АЭС, на парламентских выборах население проголосовало именно за эту партию, которая приняла решение о дальнейшем развитии ядерной энергетики. Примечательно, что на выборах мэра Токио победил Ёити Мацудзоэ, активно выступающий за продолжение использования атомной энергетики.

При подготовке к перезапуску АЭС в Японии проводятся следующие мероприятия:

- создан новый независимый регулирующий орган – агентство по ядерному регулированию (NRA), подчинённое непосредственно правительству;
- подано 16 заявок на переоценку безопасности и повторный пуск энергоблоков, наиболее близки к повторному пуску (2015 г.) 5 энергоблоков;
- по поводу безопасности ещё 28 блоков прошли общественные слушания. Таким образом, в итоге они могут быть перезапущены.

На конференции МАГАТЭ в июне 2013 г. японский представитель подтвердил, что Япония не отказывается от развития ядерной энергетики. Несомненно, развитие японской ядерной энергетики будет продолжено с новым уровнем безопасности.

Вероятность тяжёлых аварий на АЭС существует, что неоднократно было доказано практикой (Three Mile Island, ЧАЭС, «Фукусима-1», все три больших аварии АЭС произошли на реакторах 2-го поколения). С одной стороны, уроки аварии на японской АЭС обнадёживают, поскольку большинство станций островного государства после сильнейших ударов природной стихии остановились штатно. Это подтвердило устойчивость атомной энергетики к различным природным и техногенным воздействиям. На АЭС «Фукусима-1» не произошло ядерного взрыва реактора. АЭС «Фукусима-1», рассчитанная на 7-балльное землетрясение, выдержала 9 баллов. Если бы не наложение других факторов (цунами, проблемы с резервным энергоснабжением в первые часы после аварии), ситуацию можно было быстро нормализовать.

С другой стороны, вызывают тревогу просчёты конструкторов и неготовность руководства и персонала быстро принимать решения (сказался недостаток фундаментальных знаний у специалистов). Формально на момент начала аварии АЭС имела достаточно средств для предотвращения плавления топлива. Все блоки были сейсмостойки. Имеющиеся средства давали возможность за счёт внутренних ресурсов установок обеспечить отвод тепла без внешней подпитки водой не менее 8 ч, в течение которого можно подготовить реакторные установки к приёму воды от заранее предусмотренного аварийного источника. На всех реакторах задержка в подпитке водой составила 5–6 часов при крайне допустимой – не более 2,0–2,5 часа.

Реакторные установки имели многобарьерные системы защиты, но они не были взаимосвязаны с точки зрения ликвидации реальной нештатной аварии. Взрыв в реакторном здании блока № 1, повлиявший на ход аварийных работ, и взрывы на блоках № 2–4 свидетельствуют не только об отсутствии эффективных систем подавления аварийного водорода, но также о недостатках систем вентиляции реакторного здания и сомнительной необходимости его использования как вторичной защитной оболочки, что заведомо исключает ручные операции при выполнении противоаварийных мер. Следует указать также на отсутствие надёжной технологии работы с облучённым топливом внутри реактора после аварии с повреждением штатных подъёмных механизмов.

Ситуация на «Фукусиме-1» продемонстрировала неготовность японских операторов к

нештатным ситуациям. Инструкции на случай аварии отсутствовали. Руководство компании ТЕРСО, не оценив своевременно масштаб катастрофы, и в целях сохранения лица компании, пыталось самостоятельно разрешить возникшую экстремальную проблему, что только усугубило масштабы бедствия.

Задача минимизации рисков для жизни и здоровья населения требует усиления ответственности за принятие важнейших инженерных решений в условиях высокой сейсмической активности. При строительстве АЭС, исходя из российских норм безопасности в атомной энергетике, необходимо учитывать возможность появления цунами до 20 м в опасных районах [5–7]. АЭС должны иметь максимальные запасы прочности, надёжности и живучести. При их сооружении должны использоваться только высококачественные материалы. Требуются новые технологии защиты объектов с повышенной опасностью. АЭС является объектом сверхвысокой опасности, рассчитанным на долгие годы эксплуатации, больше чем жизнь одного поколения. Поэтому конструкторы должны закладывать в проекты решений максимальные запасы прочности, надёжности и живучести, невзирая на стоимостные показатели. Главным приоритетом проектирования АЭС является их безопасность. По оценкам ГК «Росатом», около 40 % стоимости энергоблока составляет стоимость систем безопасности. Следует особо отметить недостатки по выбору проектных значений внешних воздействий, связанных с недостаточностью знаний о вероятностном поведении цунами. Сегодня в связи с изменением климата повышается уровень океана, делая АЭС в прибрежных зонах ещё более уязвимыми. С установкой ловушек расплава и дополнительных постфукусимских систем доля стоимости систем безопасности ещё возрастет [10].

Аварии на атомных объектах, как правило, возникают внезапно и имеют тяжелейшие последствия планетарного масштаба. Ни одно государство в одиночку не в состоянии в полной мере и в короткие сроки ликвидировать последствия аварии на АЭС. Необходимо объединение сил и средств различных стран для решения вопросов безаварийной эксплуатации объектов ядерной энергетики. Для этого требуется своевременное представление достоверной информации в полном объёме, а также разработка единой концепции ликвидации последствий аварии.

При переговорах МАГАТЭ с Японией поднимался вопрос о приглашении на «Фукусиму»

российских специалистов, имеющих опыт ликвидации Чернобыльской аварии, но японская сторона от этого отказалась. Японцы чернобыльский опыт не изучали, будучи абсолютно уверены в невозможности аварии на японских АЭС.

Масштабность и периодичность происходящих в мире техногенных катастроф свидетельствуют о значительно возросшей роли специалистов технического профиля. Сложные технологические системы требуют строгого соблюдения технологий и регламентов. Качество подготовки кадров для обслуживания таких систем, а также ликвидации последствий аварий должны быть подняты на уровень, соответствующий сложности объектов, создаваемых в XXI в. Для принятия обоснованных решений в короткие сроки и повышения эффективности мероприятий по ликвидации последствий аварии на АЭС необходимо заранее моделировать сценарии вероятного развития аварии с учётом воздействия максимально возможного количества благоприятствующих аварии факторов. И на основе моделирования разрабатывать алгоритмы действий по ликвидации последствий аварии для конкретного атомного объекта.

Причиной многих крупных аварий последних десятилетий является порочная практика назначения на руководящие инженерные должности «универсальных» управленцев-менеджеров, не способных в силу отсутствия соответствующих знаний и опыта адекватно оценивать сложившуюся ситуацию и принимать на себя ответственность за действия по выводу из нештатной ситуации. Так, к примеру, когда на станцию были доставлены армейские дизель-генераторы с нестандартными разъёмами, вместо того чтобы подсоединить дизель-генераторы по нештатной схеме, их отправили обратно, что привело к дополнительной потере времени.

Важным фактором предотвращения и управления аварией является подготовленность персонала. Операторы АЭС «Фукусима-1» самостоятельно не смогли решить вопрос локализации аварии. Обслуживающий персонал самостоятельно не принимал решения. Каждый оператор по инструкции должен был сообщать обстановку своему вышестоящему начальнику, тот – своему и т.д. по цепочке.

Для обеспечения безопасности АЭС необходимо вводить системы охлаждения реактора, функционирующие на основе естественных физических принципов (система отвода тепла самотеком, естественная циркуляция), действующих без участия оператора и при полном отсут-

ствии основного и аварийного электропитания. Необходимо введение резервных систем охлаждения реакторов и их защитных корпусов, функционирование которых возможно в автономном режиме.

Неадекватное отражение событий, происходящих в результате аварии и последующей её ликвидации, официальными органами и средствами массовой информации не позволяют специалистам проанализировать ситуацию и оказать своевременную поддержку для быстрой ликвидации последствий аварии. Непонятны объяснения, представленные официальными органами, по поводу причин несрабатывания системы аварийного расхолаживания реакторов (ссылка на цунами, превысившего запроектную высоту).

Из-за взрыва гремучей смеси водорода и воздуха был разрушен контайнмент, в результате чего удержать в нем радиоактивные вещества не удалось. Таким образом, была нарушена и третья основа безопасности, влияющая на окружающую среду, – удержание радиоактивных веществ в контайнменте.

Согласно официальным данным, 13 дизельных генераторов с топливными баками были смыты волной. Но по проекту дизель-генераторы располагаются в подвальном здании реакторов. Если и были смыты, то не основные, а дополнительные передвижные дизель-генераторы. Прошло сообщение, что незадолго до аварии дизель-генераторы на АЭС «Фукусима-1» были заменены газогенераторами, снабжение которых газом осуществлялось централизованно.

Первые дни аварии проявили все недостатки проекта реакторной установки и ошибки, допущенные эксплуатирующей организацией. Но главной ошибкой оказалась высокая уязвимость систем аварийного энергоснабжения и системы забора морской воды. По проекту при превышении предельного давления должен срабатывать предохранительный клапан, и пар из корпуса реактора стравливаться во внешний корпус – контайнмент. Прочность контайнмента была недостаточной, поэтому потребовалось сбросить водородно-паровую смесь в здание реактора. После модернизации 1992 г. реакторы этого типа должны были иметь вентиляционную магистраль для сброса давления из тора за пределы здания. Но во время аварии в результате такой вентиляции водород почему-то оказался не снаружи, а в помещениях реакторных зданий.

Выводы, сделанные после аварии, касаются различных аспектов эксплуатации АЭС.

В России, Франции и США созданы организации, обладающие достаточными техническими средствами и квалифицированным персоналом, которые могут быть немедленно доставлены на любой аварийный энергоблок для реализации адекватных мер по устранению аварийной ситуации.

В июне 2011 г. на конференции МАГАТЭ по ядерной безопасности был рассмотрен и одобрен план действий по ядерной безопасности. Евросоюзом принято решение, что все станции должны быть подвергнуты дополнительной проверке. Решение о необходимости проведения стресс-тестов было единогласно принято странами ЕС ещё в марте 2011 г. после аварии на АЭС «Фукусима-1». В течение апреля и мая экспертная Европейская группа регуляторов в сфере ядерной безопасности ENSREG согласовывала методику проведения и критерии стресс-тестов, которые должны были представить полный анализ безопасности действующих и строящихся АЭС. Объём и содержание анализов были установлены западноевропейской ассоциацией ядерных регуляторов (Western European Nuclear Regulator Association, WENRA), организацией, объединяющей надзорные органы европейских стран. Ростехнадзор, не входящий в эту ассоциацию, на правах ассоциированного члена постоянно участвует во всех её заседаниях.

Ядерная инфраструктура Европы (143 АЭС), которая вырабатывает треть потребляемой Евросоюзом электроэнергии, подверглась жёсткой проверке на устойчивость ударов стихии (стресс-тесты) от землетрясения до падения тяжёлого самолёта. Стресс-тесты европейских АЭС проводились в три этапа: непосредственно операторами АЭС, национальными атомными агентствами и экспертами Еврокомиссии и Совета ЕС. Были проанализированы наихудшие сценарии, их комбинации и возможности персонала АЭС и местных экстренных служб по противодействию этим ситуациям. По итогам стресс-тестов было принято решение о резком ужесточении требований по безопасности, которые должны быть реализованы всегда и везде [10].

В 2012 г. в Российской Федерации все энергоблоки АЭС были оснащены дополнительными передвижными дизель-генераторами 0,4 кВ и 6 кВ, защищёнными от экстремальных внешних воздействий (в том числе резервуары с топливом для них), позволяющими обеспечить длительное поддержание блоков АЭС в безопасном состоянии в условиях полного обесточива-

ния АЭС; все энергоблоки АЭС оснащены дизельными насосами и мотопомпами для организации нештатной схемы подачи воды на охлаждение активных зон, парогенераторов, бассейнов выдержки отработанного топлива.

Дооснащение всех блоков АЭС рекомбинаторами водорода и системами контроля концентрации газов, образующих горючую смесь, будет выполнено к 2016 г. В случае обесточивания энергоблоков и невозможности подачи напряжения от штатных систем электроснабжения подача напряжения будет происходить от передвижной аварийной дизель-генераторной станции (ПАДГС), позволяющей осуществлять электроснабжение собственных нужд по заранее проложенным кабельным трассам или путём прокладки кабелей, имеющих на ПАДГС. Запас топлива рассчитан на 10 суток работы ПАДГС. Помимо дополнительных дизель-генераторов, каждый энергоблок оснащён аккумуляторными батареями, размещёнными в защищённом помещении. Заряд батарей обеспечивает их работу в течение 10 ч, это оборудование устанавливается на каждый энергоблок.

В случае запроектной аварии, связанной с потерей питательной воды, на энергоблоках установлена система автономной подачи питательной воды с использованием передвижной насосной установки (ПНУ) с автономным дизельным приводом. ПНУ полностью автономна, запас топлива рассчитан на работу в течение 24 ч.

Тем не менее «постфукусимский синдром» сказался на мировой атомной энергетике. На момент аварии на АЭС «Фукусима-1» (11.03.2011 г.) в мире эксплуатировалось 448 энергоблоков установленной мощностью 380280 МВт (эл.). В настоящее время осталось 438 действующих реакторов. В это число входит и 51 японский энергоблок, которые были временно остановлены на проверку их безопасности. Все реакторы АЭС «Фукусима-1» включаться не будут. Детально современное состояние ядерной энергетике (на 20.01.2014 г.) можно представить следующими цифрами: 438 действующих энергоблоков (ЭБ), установленная мощность 374332 МВт (эл.); из них 64 энергоблока старше 40 лет, установленная мощность 39091 МВт (эл.); 84 реактора типа BWR (кипящие реакторы), установленная мощность 78046 МВт (эл.); 71 энергоблок в стадии строительства, установленная мощность 70612 МВт (эл.) (рис. 2).

В настоящее время основная масса работающих энергоблоков имеют возраст около 30 лет.

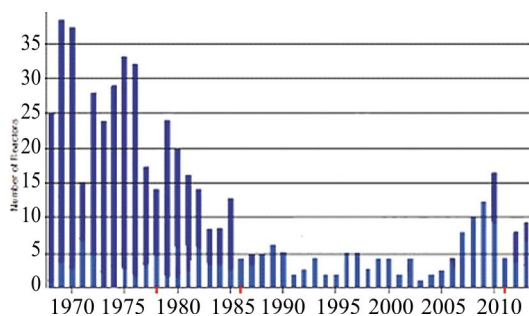


Рис. 2. Количество энергоблоков, вводимых в разные годы в мировую ядерную энергетику

После аварии на АЭС «Фукусима-1» разные страны мира проводили разную политику в отношении атомной энергетики. В Германии были остановлены 8 энергоблоков, к 2022 г. будут остановлены все 17 реакторов, которые обеспечивают 26 % электроэнергии. В Швейцарии все блоки будут останавливаться по мере выработки их ресурса. Последний блок должен быть остановлен в 2034 г. Но это решение пока не утверждено парламентом и в будущем может быть пересмотрено. Согласно данным опроса, проведённого осенью 2013 г., большинство населения Швейцарии высказались в поддержку атомной энергетики. Граждане страны считают, что если АЭС безопасны (а их в Швейцарии пять), то они могут работать и дальше. Италия, остановившая все свои блоки ещё в 1988 г. после Чернобыльской аварии, но планировавшая развивать ядерную энергетику, от неё отказалась. От использования атомной энергии отказались Испания, Венесуэла, Филиппины, Израиль, Марокко, Тунис, Уругвай, Кувейт.

Ряд стран отложили принятие решения по развитию ядерной энергетики. Так, Бельгия, в которой более 50 % электроэнергии приходится на ядерную генерацию, решение пока не приняла. Таиланд, планировавший развитие ядерной энергетики, отложил реализацию этих намерений до лучших времён.

Большинство стран (США, Великобритания, Россия, Китай, Франция, Белоруссия, Турция, Вьетнам, Бангладеш, Иордания, ОАЭ, Польша,

Саудовская Аравия, Египет и пр.) продолжили политику развития ядерной энергетики.

На данный момент у атомной энергетики нет серьёзных альтернатив. Более того, ужесточение требований к безопасности АЭС неизбежно приведёт к выводу из эксплуатации наиболее старых станций (особенно в Западной Европе и США), что потребует строительства новых мощностей. По оценке Торговой палаты США, объём мирового рынка ядерной продукции, услуг и топлива за 10 следующих лет составит 500–740 млрд долларов. Сейчас в мире строятся более 60 энергоблоков и более 150 проектов новых АЭС находятся на стадии лицензирования и на продвинутой стадии разработки.

По проектам «Поколение 3+» (реакторы с повышенными требованиями безопасности) в настоящее время сооружается 4 блока. Остальные блоки строятся по проектам поколений 2+ и 3. Единственный новый проект с ловушкой расплава – это российский реактор ВВЭР-1200. В настоящее время 2 блока ВВЭР-1000 с ловушкой расплава функционируют на китайской станции «Тяньвань» и два в Индии на АЭС «Куданкулам». Первый блок введен в эксплуатацию на 75 % мощности.

Остальные технические характеристики энергоблоков примерно одинаковы. Южнокорейский реактор APR-1400 (на АЭС «Шин-Кори» сооружается два энергоблока с APR-1400), защитная оболочка одинарная. Экспортный вариант для ОАЭ имеет двойную оболочку (таблица).

Российские проекты отличаются наличием инновационных технологий: это вышеупомянутая ловушка расплава на случай запроектной аварии; полностью цифровая система контроля и управления, включая системы безопасности АЭС; двойная защитная оболочка над зданием реактора; главные циркуляционные насосы на водяной смазке; не имеющий аналогов комплекс диагностики состояния основного оборудования и металла АЭС; способность энергоблока АЭС работать в режиме суточного регулирования нагрузки и многое другое.

Реакторы III поколения

Реактор (страна-проектант)	Защита от внешних воздействий	Защитная оболочка реакторного зала	Наличие СПОТ	Наличие ловушки расплава АЗ
ВВЭР-1200 (Россия)	+	Двойная	+	+
EPR-1600 (Франция)	+	Двойная	+	–
AP-1000 (США)	+	Двойная	+	–
APR-1400 (Корея)	+	Ординарная (двойная для экспорта)	+	–

Второй раз после Чернобыльской аварии атомная энергетика оказалась перед угрозой вспышки недоверия мировой общественности к атомным технологиям. Для восстановления положительного импульса развития ядерной энергетике предстоит большая разъяснительная работа среди населения, специалистов и политиков. Японская трагедия – повод более трезво оценивать риски и отказаться от экономии на безопасности.

Анализ энергетической безопасности мира подтверждает, что ядерная энергетика представляет важнейшую составляющую мирового энергобаланса, без которой человечество обойтись не может, и равноценной замены ей пока

еще не найдено. Абсолютным большинством стран принято решение о продолжении развития ядерной энергетике. Ключевым вопросом развития ядерной энергетике является её безопасность, поэтому во всем мире резко ужесточены требования по безопасности АЭС, которые должны выполняться всегда и везде.

Надеемся, полученные уроки пойдут человечеству на пользу. Атомные реакторы станут гораздо надёжнее и безопаснее. Наша главная обязанность – извлечь из аварии на «Фукусима-1» все полезные уроки и применить полученные знания на практике с основной целью – минимизацией рисков для жизни и здоровья настоящего и будущего поколений жителей планеты.

Список литературы

1. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации / И.К. Романович, М.И. Балонов, А.Н. Барковский, А.И. Никитин [и др.] // под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко. – СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. – 336 с.
2. Арутюнян Р.В. Уроки «Фукусимы-1» // АНРИ. – 2011. – № 2. – С. 67–71.
3. Ваганов В.А. За 50 лет до «Фукусимы-1» // Атомная стратегия-XXI. – 2012, апрель. – № 65. – С. 13–14.
4. Гагаринская И.В. Общественное мнение о ядерной энергетике // Атомная стратегия – XXI. – 2014, март. – № 88. – С. 11.
5. Гагаринский А.Ю. Обращение с РАО в ядерно-энергетической стратегии России // Энергия: экономика, техника, экология. – 2014. – № 7. – С. 2–9.
6. Гагаринский А.Ю. Тенденции в российской ядерной энергетике и общественное мнение после «Фукусимы-1» // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 8. – С. 17–22.
7. Гуменюк В.И., Тихонов М.Н., Федосовский М.Е. Постфукусимский синдром: проблемы и решения // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. – 2012. – Т. 2, № 154. – С. 273–285.
8. Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. Повышение экологичности АЭС – условие дальнейшего развития атомной энергетике // Атомная стратегия-XXI. – 2012, февраль. – № 63. – С. 29–30.
9. Корниенко А.Г. Обзор аварии на АЭС «Фукусима-1» в Японии // Электрические станции. – 2012. – № 1. – С. 2–15; № 2. – С. 13–28; № 3. – С. 2–8; № 4. – С. 2–8.
10. Ларин И.И. Обзор состояния Российской и мировой атомной энергетике на 2011 г. // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 12. – С. 2–10.
11. Муратов О.Э. Ядерная энергетике после «Фукусимы-1» // Атомная стратегия-XXI. – 2014, март. – № 88. – С. 12–15.
12. Римский-Корсаков А.А. Две аварии // Атомная стратегия-XXI. – 2011, апрель. – № 53. – С. 20–21.
13. Романович И.К. Радиационная обстановка в Дальневосточных субъектах Российской Федерации после аварии на АЭС «Фукусима-1» // Экология и атомная энергетике. – 2011. – № 2 (29). – С. 56–72.
14. Рылов А.Л. Японское землетрясение «аукнулось» в Антарктиде // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 2. – С. 73–74.
15. Рябчук Е.Ф. Японская катастрофа // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 12. – С. 64–66.
16. Скрябина М.С. Влияние аварии на АЭС «Фукусима-1» на планы государств Восточной Азии по развитию «мирного атома» // Вестник МГИМО. – 2011. – № 4. – С. 31–32.
17. Тихонов М.Н. Уроки Фукусимы-1: проблемы и решения // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 8 (140). – С. 29–40.
18. Тихонов М.Н. Уроки Фукусимы-1: проблемы и решения. Хронология начальных событий на АЭС «Фукусима-1» // Экология и развитие общества. – 2012. – № 2 (4). – С. 66–73, 97–103.
19. Уроки Чернобыля и Фукусима: прогноз радиологических последствий / В.К. Иванов, В.В. Кашеев, С.Ю. Чекин, А.М. Корело, А.Н. Меняйло, М.А. Максюттов, А.И. Горский, К.А. Туманов, Е.А. Пряхин // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2011. – Т. 20, № 3. – С. 6–15.

20. Цирулев Р.М. Япония. Вся правда. Первая полная антология катастрофы. – М.: Эксмо, 2011.
21. Artificial radioactivity in environmental media (air, rainwater, soil, vegetation) in Austria after the Fukushima nuclear accident / G. Steinhäuser, S. Merz, D. Hainz, J.H. Sterba // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2013. – Vol. 20, № 4. – С. 2527–2534.
22. Bird W.A. Fukushima health study launched // *Environmental Health Perspectives*. – 2011. – Vol. 119, № 10. – P. A428–A429.2
23. Evidence of the radioactive fallout in France due to the Fukushima nuclear accident / O. Evrard, D. Gateuille, I. Lefèvre, P. Bonté, P. Van Beek, B. Lansard, V. Pont // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2012. – Vol. 114. – P. 54–60.
24. Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety “The Accident at TEHCO’s Fukushima Nuclear Power Stations”. Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan, 2011, June.
25. Thakur P., Ballard S., Nelson R. An overview of Fukushima radionuclides measured in the Northern Hemisphere // *The Science of the Total Environment*. – 2013. – Vol. 458–460. – P. 577–613.

References

1. Romanovich I.K., Balonov M.I., Barkovskij A.N., Nikitin A.I. i dr. Avarija na AJeS «Fukusima-1»: organizacija profilaktičeskikh meroprijatij, napravlenykh na sohranenie zdorov'ja naselenija Rossijskoj Federacii [The accident at the nuclear power plant Fukushima-1: the organization of preventive measures aimed at maintaining the health of the population of the Russian Federation]. Edit by akad. RAMN G.G. Onishchenko. St. Petersburg, NIIRG im. prof. P.V. Ramzaeva, 2012, 336 p.
2. Arutjunjan R.V. Uroki Fukusimy- 1 [Lessons from Fukushima-1]. ANRI, 2011, no 2, pp. 67–71.
3. Vaganov V.A. Za 50 let do «Fukusimy-1» [50 years before Fukushima-1]. *Atomnaja strategija-HHI*, april 2012, no 65, pp. 13–14.
4. Gagarinskaja I.V. Obshhestvennoe mnenie o jadernoj jenergetike [Public opinion on the nuclear power engineering industry]. *Atomnaja strategija-HHI*, March 2014, no 88, pp. 11.
5. Gagarinskij A.Ju. Obrashhenie s RAO v jaderno-jenergetičeskoj strategii Rossii [Radioactive waste management in the nuclear power strategy of Russia]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija*, 2014, no 7, pp. 2–9.
6. Gagarinskij A.Ju. Tendencii v rossijskoj jadernoj jenergetike i obshhestvennoe mnenie posle Fukusimy-1 [Trends in the Russian nuclear power engineering industry and public opinion after Fukushima-1]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija*. 2012, no 8, pp. 17–22.
7. Gumenjuk V.I., Tihonov M.N., Fedosovskij M.E. Postfukusimskij sindrom: problemy i reshenija [Post-Fukushima syndrome: problems and solutions]. *Nauch.- tehn. vedomosti SPbGPU*, 2012. T.2, no 154, pp. 273–285.
8. Dubrovin E.R., Dubrovin I.R. Povyshenie jekologičnosti AJeS - uslovie dal'nejshego razvitija atomnoj jenergetiki [Improvement of the environmental friendliness of nuclear power plants – condition for further development of nuclear power engineering]. *Atomnaja strategija-HHI*, February 2012, no 63, pp. 29–30.
9. Kornienko A.G. Obzor avarii na AJeS Fukusima-1 v Japonii [Overview of the accident at the nuclear power plant Fukushima-1 in Japan]. *Jelektricheskie stancii*, 2012, no 1, pp. 2–15; no 2, pp. 13–28; no 3, pp. 2–8; no 4, pp. 2–8.
10. Larin I.I. Obzor sostojanija Rossijskoj i mirovoj atomnoj jenergetiki na 2011g. [Overview of the state of the Russian and world nuclear power engineering in 2011]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija*, 2012, no 12, s. 2–10.
11. Muratov O.Je. Jadernaja jenergetika posle Fukusimy-1 [Nuclear power engineering industry after Fukushima-1]. *Atomnaja strategija-HHI*, march 2014, no 88, pp. 12–15.
12. Rimskij-Korsakov A.A. Dve avarii [Two accidents]. *Atomnaja strategija-HHI*, april' 2011, no 53, pp. 20–21.
13. Romanovich I.K. Radiacionnaja obstanovka v Dal'nevostochnykh sub#ektakh Rossijskoj Federacii posle avarii na AJeS «Fukusima-1» [The radiation situation in the Far Eastern regions of the Russian Federation after the accident at the nuclear power plant Fukushima-1]. *Jekologija i atomnaja jenergetika*, 2011, no 2 (29), pp. 56–72.
14. Rylov A.L. Japonskoe zemletrjasenie «auknulos» v Antarktide [Japanese earthquake “backfired” in Antarctica]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija*. 2012, no 2, pp. 73–74.
15. Rjabchuk E.F. Japonskaja katastrofa [Japanese disaster]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija*, 2012, no 12, pp. 64–66.
16. Skrjabina M.S. Vlijanie avarii na AJeS «Fukusima-1» na plany gosudarstv Vostočnoj Azii po razvitiu «mirnogo atoma» [The impact of the accident at the nuclear power plant Fukushima-1 on the plans of East Asian states on the “peaceful atom” development]. *Vestnik MGIMO Universiteta*, 2011, no 4, pp. 31–32.
17. Tihonov M.N. Uroki Fukusimy-1: problemy i reshenija [Lessons from Fukushima-1: Problems and solutions]. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 2012, no 8 (140), pp. 29–40.
18. Tihonov M.N. Uroki Fukusimy-1: problemy i reshenija. Hronologija nachal'nykh sobytij na AJeS «Fukusima-1» [Lessons from Fukushima-1: Problems and solutions. Chronology of primary events at the nuclear power plant Fukushima-1]. *Jekologija i razvitie obshhestva*, 2012, no 2 (4), pp. 66–73, pp. 97–103.
19. Ivanov V.K., Kashheev V.V., Chekin S.Ju., Korelo A.M., Menjajlo A.N., Maksjutov M.A., Gorskij A.I., Tumanov K.A., Prjahnin E.A. Uroki Chernobylja i Fukusima: prognoz radiologičeskikh posledstvij [The lessons

from Chernobyl and Fukushima: forecasting of radiological consequences]. *Radiacija i risk* (Bjulleten' Nacional'nogo radiacionno-jepidemiologicheskogo registra), 2011, vol. 20, no 3, pp. 6–15.

20. Cirulev R.M. Japonija. Vsja pravda. Pervaja polnaja antologija katastrofy [Japan. The whole truth. The first complete anthology of disaster]. Moscow: Jeksmo, 2011.

21. Steinhäuser G., Merz S., Hainz D., Sterba J.H. Artificial radioactivity in environmental media (air, rain-water, soil, vegetation) in Austria after the Fukushima nuclear accident. *Environmental Science and Pollution Research*, 2013, vol. 20, no 4, pp. 2527–2534.

22. Bird W.A. Fukushima health study launched. *Environmental Health Perspectives*, 2011, vol. 119, no 10, p. A428–A429.2

23. Evrard O., Gateuille D., Lefèvre I., Bonté P., Van Beek P., Lansard B., Pont V. Evidence of the radioactive fall-out in France due to the Fukushima nuclear accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2012, vol. 114, pp. 54–60.

24. Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety “The Accident at TEHCO’s Fukushima Nuclear Power Stations”. Nuclear Emergency Response Headquarters Government of Japan, 2011, June.

25. Thakur P., Ballard S., Nelson R. An overview of Fukushima radionuclides measured in the Northern Hemisphere. *The Science of the Total Environment*, 2013, vol. 458–460, pp. 577–613.

ANTHOLOGY OF DISASTER AT JAPANESE NUCLEAR POWER PLANT FUKUSHIMA-1

M.N. Tikhonov

Inter-Sectoral Expert-Certification, Scientific-Technical and Control Center
of Nuclear and Radiation Safety, International Scientists’ Club
Saint-Petersburg
Russian Federation, Saint-Petersburg, 31, Mokhovaya St., 191028

The extensive material about the origin and deepening up to turning into a disaster and the elimination of an emergency at the nuclear power plant Fukushima-1 is systematized and generalized based on the analysis of public government data and results of scientific researches. The events that have resulted in the destruction of buildings and structures, loss of life, evacuation of the population from the zone of radioactive contamination are presented chronologically. The article demonstrates the large scale and complexity of problems existing in the field of ensuring the nuclear and radiation safety of the population. The ways to minimize the risk of accidents and reduce the risk of negative impacts on the environment and public health are described. The ideas about the different approaches of the countries of the world to the prospects of the nuclear power development taking into account the consequences of the accident at the nuclear power plant Fukushima-1 are specified. The comparative characteristics of different types of technical solutions in terms of safety are provided.

Key words: nuclear power engineering industry, nuclear power plant, radiation accident, emergency situation, radioactive contamination, radiation safety, health risks.

© Tikhonov M.N., 2015

Mikhail Nikolayevich Tikhonov – the specialist of Inter-Sectoral Expert-Certification, Scientific-Technical and Control Center of Nuclear and Radiation Safety (REStsentr), (REStsentr LLC, Saint-Petersburg), academician of the International Academy of Ecology, Human and Nature Safety (MANEB) (e-mail: dtrec@peterlink.ru; tel. 8 (812) 233-58-06).