



УДК 614.7:616-02

Зайцева Н.В.^{1,2}, Устинова О.Ю.^{1,2}, Землянова М.А.^{1,2}, Жданова-Заплесвичко И.Г.³, Лужецкий К.П.^{1,2},
Маклакова О.А.^{1,2}, Клейн С.В.^{1,2}

РОЛЬ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА В РАЗВИТИИ СОМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У НАСЕЛЕНИЯ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АЛЮМИНИЕВОГО И ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

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

³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
по Иркутской обл., ул. Карла Маркса, 8, Иркутск, Россия, 664003

Проведена санитарно-гигиеническая оценка качества среды обитания на селитебной территории в зоне влияния предприятий алюминиевой и целлюлозно-бумажной промышленности. Установлено, что уровень загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы бенз(а)пиреном, взвешенными веществами, фтористыми соединениями, формальдегидом, фенолом и ароматическими углеводородами превышает действующие гигиенические нормативы до 12 ПДК_{ср.}. В объектах среды обитания постоянно присутствуют марганец, алюминий, никель, хром. Хроническое комплексное поступление приоритетных загрязняющих веществ формирует для населения неприемлемый риск развития заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой (ССС) и нервной систем, опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, крови и кроветворных органов (ТНІ=1,37–15,75). Уровень риск-ассоциированной заболеваемости населения в 1,5–2,6 раза превышает показатели территорий санитарно-гигиенического благополучия и обусловлен присутствием в биосредах повышенных концентраций загрязняющих веществ. Доказано, что хроническое присутствие алюминия, марганца, никеля, фенола, формальдегида и ароматических углеводородов в биосредах населения снижает функциональную активность адаптационных механизмов защиты сердечно-сосудистой, вегетативной и нервной систем и органов детоксикации.

Ключевые слова: состояние здоровья; население селитебных территорий; предприятия лесопромышленного комплекса; предприятия по производству алюминия

Zaitseva N.V.^{1,2}, Ustinova O.Yu.^{1,2}, Zemlyanova M.A.^{1,2}, Zhdanova-Zaplesvichko I.G.³, Luzhetskiy K.P.^{1,2}, Maklakova O.A.^{1,2}, Kleyn S.V.^{1,2} **Role of chemical risk factors in somatic diseases development in inhabitants of populated area near aluminium and paper pulp production**

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

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

³ Administration of the Federal Supervision Service for Consumer's Rights Protection and Human Welfare in the Irkutsk Region, Karl Marks Str., 8, Irkutsk, Russia, 664003

Sanitary hygienic evaluation covered environment quality of populated area influenced by aluminium and paper pulp enterprises. Findings are that pollution of air, drinkable water and soil with benzpyrene, suspended particles, fluorine compounds, formaldehyde, phenol and aromatic hydrocarbons exceeds current hygienic norms up to 12-fold MACs. The environmental objects constantly contain manganese, aluminium, nickel, chromium. Chronic complex intake of priority chemical pollutants forms unacceptable risk for population to get respiratory, cardiovascular and nervous system diseases, locomotory disorders, gastro-intestinal, blood and hemopoietic diseases (THI = 1.37–15.75). Level of risk-associated morbidity among the population is 1.5–2.6 times higher than on sanitary and hygienic favorable territories, and caused by higher concentration of chemical pollutants in biologic media. Chronic presence of aluminium, manganese, nickel, phenol, formaldehyde and aromatic hydrocarbons in biologic media of the population was proved to decrease functional activity of adaptational mechanisms of cardiovascular, vegetative and nervous systems and detoxication organs.

Key words: *health state; populated area residents; timber industry enterprises; aluminium production enterprises*

Алюминиевая промышленность — перспективная отрасль российской цветной металлургии, на долю которой приходится 9% мирового производства алюминия [4]. Интенсификация и диверсификация промышленного производства на предприятиях перерабатывающего профиля нередко являются причинами снижения качества и ухудшения санитарно-гигиенических характеристик объектов среды обитания [1–3,5]. Результаты исследований на территориях, где размещены предприятия алюминиевого и лесопромышленного комплексов, показывают, что среднегодовые концентрации приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе могут достигать 20 ПДК_{с.с.}, а в почвенных горизонтах нередко превышают фоновые значения до 40 раз [4].

В тоже время данные о структуре заболеваемости взрослого населения, идентификации и параметризации связи отдельных классов болезней с факторами риска, формируемыми сочетанной деятельностью предприятий алюминиевого и целлюлозно-бумажного профилей, недостаточны и требуют дальнейшего изучения.

Цель исследования: изучение особенностей и выявление связи соматической неинфекционной заболеваемости взрослого населения с приоритетными факторами риска, формируемыми деятельностью предприятий алюминиевого и целлюлозно-бумажного профилей.

Материалы и методы исследования. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы на изучаемых территориях проводилась по данным мониторинговых наблюдений и натурных исследований, выполненных территориальным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии». Оценка качества объектов среды обитания проводилась отделом социально-гигиенического мониторинга ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» в соответствии с положениями актуальных нормативно-методических документов. Оценка и выделение приоритетных факторов риска неканцерогенных и канцерогенных эффектов выполнялась по методологии оценки риска в соответствии с Руководством 2.1.10.1920–04. Расчет индекса опасности (НИ) для критических органов и систем проводился с учетом каждого из путей поступления и аддитивного эффекта действия химических веществ. Оценка заболеваемости населения выполнялась по данным

территориального фонда ОМС. Для выявления особенностей соматического здоровья и установления связи отдельных классов болезней с факторами риска изучены индивидуальные показатели заболеваемости и функционального состояния органов и систем у 90 взрослых человек (группа наблюдения) в возрасте 20–45 лет (средний возраст: 37,2±2,2 года), проживавших в промышленном центре, где размещены завод по производству алюминия и целлюлозно-бумажный комбинат, и не работавших на данных предприятиях. Группу сравнения составили 42 жителя поселка городского типа (группа сравнения) аналогичного возраста (средний возраст: 36,8±2,4 года, $p=0,68$). Территория проживания группы сравнения характеризовалась размещением предприятий историко-культурного типа. Обе группы были сопоставимы по гендерному признаку (мужчины: группа наблюдения — 34,4%, группа сравнения — 38,1% ($p=0,68$); женщины: 65,6% и 61,9% соответственно ($p=0,69$)), социально-экономическим критериям ($p=0,74–0,83$) и образу жизни ($p=0,62–0,79$).

Клинические исследования проводились в рамках программы клинко-функционального обследования, направленной на выявление негативных эффектов со стороны критических органов и систем. Помимо медико-социологического анкетирования и осмотра терапевтом, программа включала проведение электрокардиографического и спирометрического исследований («Schiller AT-102 plus», «Schiller PS spirometry»; Schiller AG, Швейцария), кардиоинтервалографии («Поли-Спектр-8/ЕХ»; Нейрософт, Россия) и ультразвукового исследования эндотелий-зависимой вазодилатации, желудочно-кишечного тракта и селезенки («Vivid q»; GE Vingmed Ultrasound AS, Норвегия). Результаты обследования являлись основанием для верификации индивидуальных клинических диагнозов. Анализ заболеваемости проводился по классам и нозологическим формам болезней.

Химико-аналитические исследования осуществлялись в соответствии с действующими методическими указаниями (МУК 4.1.2102–4.1.2116–06; МУК 4.1.2102–4.1.2116–06) по утвержденным методикам [6]. Исследования проводились на следующем оборудовании: хроматограф газовый Хроматэк-Кристалл 5000.2 (Россия), хроматограф жидкостной с диодно-матричным и флуориметрическим Agilent 1200

(США) детекторами, масс-спектрометр с индуктивно связанной аргонной плазмой Agilent 7500сх (США), иономер автоматизированный ИЛА-2 (Россия).

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ SPSS 19.0 for Windows. Оценка различий выполнялась с помощью непараметрического критерия U Манна-Уитни. Различия в группах считались статистически достоверными при значении $p\text{-value} \leq 0,05$. Для оценки тесноты и направления связи применялись коэффициенты связи для номинальных шкал — Фи-коэффициент для таблиц сопряженности 2×2 [9].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования показали неудовлетворительное качество атмосферного воздуха территории наблюдения по содержанию бенз(а)пирена (до 10,3 ПДК_{с.с.}), фтористых газобразных соединений (до 12,4 ПДК_{с.с.}), формальдегида (до 6,6 ПДК_{с.с.}), фенола (до 4,8 ПДК_{с.с.}), бензола (до 1,8 ПДК_{с.с.}), ксилола (до 2,7 ПДК_{с.с.}), а также постоянное присутствие в пределах 1 ПДК_{с.с.} фторидов, марганца, алюминия, никеля, хрома. В питьевой воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения установлено присутствие марганца, никеля, хрома, фторидов в пределах 1 ПДК. В 13,3% проб почвы установлено превышение содержания свинца (до 2,1 ПДК), а в 83,3% — фтора (до 4,7 ПДК). На территории сравнения качество атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы соответствовало гигиеническим нормативам.

Оценка риска развития у населения территории наблюдения неканцерогенных эффектов показала, что величины суммарных индексов опасности соответствуют уровню неприемлемого риска со стороны органов дыхания (ТНІ=15,75), CCC (ТНІ=2,09), нервной (ТНІ=7,51) и иммунной систем (ТНІ=12,75), опорно-двигательного аппарата (ТНІ=1,37), печени (ТНІ=2,89). Вклад аэрогенного фактора в суммарный индекс опасности составил 74–100%, питьевой воды — 0,1–26%. Приоритетными факторами риска развития неканцерогенных эффектов являлись: для органов дыхания — формальдегид (вклад в НІср 36,9%), марганец (12,9%), фенол (12,3%); для CCC — фенол (76,6%); для органов желудочно-кишечного тракта —

фенол (69,2%), ксилол (30,8%); для нервной системы — марганец (52,6%), алюминий (17,3%), фенол (15,6%), никель (12,0%); для опорно-двигательного аппарата — фториды (87,6%), алюминий (12,4%). Результаты оценки неканцерогенного риска на территории сравнения свидетельствовали об отсутствии недопустимого риска развития соматической патологии, связанной с изучаемыми факторами.

Анализ данных по обращаемости за медицинской помощью показал, что уровень общей заболеваемости населения на территориях исследования не имел существенных различий ($p=0,89$), однако заболеваемость сердечно-сосудистой патологией и болезнями органов пищеварения у населения территории наблюдения была в 1,3–2,0 раза выше ($p=0,02–0,03$), а риски развития болезней опорно-двигательного аппарата и нервной системы в 2,4–5,5 раза превышали аналогичные на территории сравнения ($p=0,01–0,04$).

В ходе химико-аналитических исследований установлено, что содержание в крови группы наблюдения алюминия, марганца, никеля, бензола, формальдегида, фенола и о-ксилола в 1,4–2,4 раза превышало показатели группы сравнения ($p=0,0001–0,041$) (таблица), а концентрация фторид-иона и алюминия в моче была в 1,8–2,8 раза выше группы сравнения и превышала референтные значения (RfL фтор-иона в моче — 0,2 мг/дм³, алюминия в моче — 0,0065±0,0035 мг/дм³ [8]) в 3,0 и 3,9 раза ($p=0,0001$).

В группе наблюдения наиболее распространенными видами патологии являлись болезни органов пищеварения, нервной системы, органов кроветворения и иммунной системы (50–70% обследованных), встречавшиеся в 1,4–3,0 раза чаще, чем в группе сравнения ($p=0,01–0,04$).

Частота регистрации сердечно-сосудистых заболеваний в сравниваемых группах не имела статистических различий (13,3% против 13,6%; $p=0,97$); в обеих группах преобладала артериальная гипертензия (75–100%; $p=0,35$). Для всех обследованных было характерно нормальное положение электрической оси сердца и физиологические параметры временных показателей (зубец Р, интервал PQ, комплекс QRS,

Таблица

Содержание загрязняющих веществ в биосредах населения территорий исследования, мг/дм³

Биосреда	Вещество	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий ($p \leq 0,05$)
Кровь	Алюминий	0,020±0,005	0,014±0,003	0,041
	Марганец	0,012±0,001	0,008±0,001	0,0001
	Никель	0,004±0,0004	0,001±0,0005	0,0001
	Бензол	0,0009±0,0002	нпо	0,001
	Формальдегид	0,025±0,004	0,013±0,005	0,001
	Фенол	0,053±0,006	0,022±0,005	0,0001
	О-ксилол	0,005±0,0005	нпо	0,0001
Моча	Алюминий	0,025±0,004	0,009±0,004	0,0001
	Фторид-ион	0,592±0,076	0,337±0,075	0,0001

Примечание: *нпо — ниже предела определения

интервала Q–T), которые не имели межгрупповых различий ($p=0,10-0,60$). В то же время в группе наблюдения синусовая брадикардия и миграция водителя ритма регистрировались у 18,5% обследованных, а в группе сравнения — в 2,8 раза реже (6,7%, $p=0,03$). Выявлена прямая связь развития нарушений процессов проводимости в миокарде с концентрацией в крови фенола ($R^2=0,37$; $F=111,43$; $p=0,03$). Исследование эндотелий-зависимой вазодилатации показало в 1,5 раза более низкие значения прироста диаметра и коэффициента чувствительности артерий в группе наблюдения ($p=0,03-0,04$), что свидетельствует о наличии ранней стадии формирования сосудистых изменений. Установлена прямая связь снижения этих показателей с концентрацией в крови фенола ($R^2=0,22-0,31$; $29,88 \leq F \leq 91,63$; $p=0,02-0,04$). Полученные результаты совпадают с данными литературы о прямом кардиотоксическом действии фенола и угнетении процессов возбудимости и проводимости миокарда, связанных с расстройством ионообмена и энергетического баланса кардиомиоцитов [1,7,8].

У 70% обследованных группы наблюдения диагностированы хронические заболевания желудочно-кишечного тракта, что не имело различий с группой сравнения (68,1%, $p=0,86$), однако частота билиарной патологии (78%) в 1,6 раза превышала показатель группы сравнения (49,6%, $p=0,03$). Физиологической ультразвуковой нормы билиарного тракта не установлено ни у одного из пациентов группы наблюдения, а в группе сравнения такой вариант имел место у 23,1% ($p=0,03$). Изменения стенок желчного пузыря в группе наблюдения выявлены у большинства обследованных (87,5% против 59,2%; $p=0,03$), а явления дисхолии — у 18,8% (против 0%; $p=0,05$). Установлена прямая связь развития патологии билиарного тракта с концентрацией в крови фенола и ксилола ($R^2=0,28-0,41$; $14,73 \leq F \leq 193,11$; $p<0,05$), являющихся причиной вегетативных моторно-тонических и эвакуаторных дисфункций билиарного тракта [8].

Болезни нервной системы в группе наблюдения были наиболее часто встречающимся видом патологии (70,0% обследованных) и регистрировались в 1,4 раза чаще (в группе сравнения — 50,0%; $p=0,04$). Основной нозологической формой являлась вегетососудистая дистония (100% пациентов). Выявлена прямая связь развития заболеваний нервной системы с концентрацией марганца, алюминия и никеля в крови ($R^2=0,52-0,85$; $141,67 \leq F \leq 714,33$; $p=0,03-0,05$). По данным кардиоинтервалографии лишь 37% обследованных группы наблюдения имели эйтонический вариант исходного вегетативного тонуса; в группе сравнения он регистрировался в 1,6 раза чаще (60,0%; $p=0,04$). Ваготонический и гиперсимпатикотонический варианты установлены у половины обследованных группы наблюдения (51,8% против 20,0%; $p=0,02$). Установлена обратная связь частоты регистрации эйтонического варианта исходного вегетативного тонуса с концентрацией в крови марганца и алю-

миния ($R^2=0,41-0,54$; $83,32 \leq F \leq 147,24$; $p=0,03-0,04$). Сравнительный анализ активности гуморально-метаболического (Mo) и симпатического (AMo) звеньев вегетативной регуляции не выявил значимых различий ($p=0,53-0,80$), однако активность парасимпатического звена (Dx) в группе наблюдения была в 1,5 раза выше ($p=0,05$), а индекс напряжения (ИН1), характеризующий состояние центрального контура регуляции и чувствительный к усилению тонуса симпатической нервной системы, был в 1,4 раза ниже ($p=0,04$). По результатам клиноортостатической пробы установлено, что симпатикотонический вариант вегетативной реактивности регистрировался в группе наблюдения в 1,5 раза реже ($p=0,04$), гиперсимпатикотонический — в 1,6 раза чаще ($p=0,05$). Асимпатикотонический тип реактивности, свидетельствующий об отсутствии ожидаемого напряжения адаптационно-компенсаторных механизмов, в группе наблюдения имел место у каждого четвертого обследованного, что в 2,5 раза чаще, чем в группе сравнения ($p=0,05$). Установлена обратная связь частоты регистрации симпатикотонического варианта вегетативной реактивности с концентрацией в крови марганца и алюминия ($R^2=0,28-0,46$; $16,28 \leq F \leq 91,38$; $p=0,02-0,04$). Полученные результаты свидетельствуют о перенапряжении и истощении механизмов вегетативной регуляции у половины пациентов группы наблюдения, что в сочетании с нарушениями эндотелий-зависимой вазодилатации формирует предпосылки для более раннего развития и быстрого прогрессирования сердечно-сосудистой патологии. Согласно данным литературы развитие вегетативных дисфункций обусловлено антихолинэстеразным механизмом действия металлов на фоне стимуляции парасимпатических структур, оксидативного стресса и угнетения выработки нейротрансмиттеров [5,8].

Частота развития болезней опорно-двигательного аппарата в группе наблюдения в 1,6 раза превышала показатель группы сравнения ($p=0,02$). Доминирующим видом патологии являлись дорсопатии (85% против 33,3% в группе сравнения; $p=0,04$). Установлена прямая связь развития патологии позвоночника с концентрацией в крови алюминия ($R^2=0,41$; $F=15,78$; $p=0,02$), в основе которой лежит нарушение фосфорно-кальциевого обмена [4,8].

Хронические болезни органов дыхания регистрировались в сравниваемых группах с близкой частотой (36,6% против 36,3%; $p=0,97$), однако хронические воспалительные и лимфопролиферативные заболевания верхних дыхательных путей в группе наблюдения выявлялись в 2,0 раза чаще ($p=0,03-0,05$). Установлена прямая связь развития хронических воспалительных и лимфопролиферативных заболеваний верхних дыхательных путей с концентрацией в крови марганца, формальдегида и фенола ($R^2=0,18-0,35$; $11,99 \leq F \leq 194,34$; $p=0,02-0,04$). Хронические обструктивные заболевания органов дыхания встречались в сравниваемых группах с близкой частотой (29,0% против 36,0%; $p=0,52$). Анализ данных спирографии не выявил разли-

чий скоростных показателей ($p=0,26-0,88$), что может указывать на развитие неспецифических воспалительных и лимфо-пролиферативных процессов.

Выводы:

1. В зоне сочетанного влияния предприятий алюминиевого и целлюлозно-бумажного профиля загрязнение объектов среды обитания бенз(а)пиреном, фтором, формальдегидом, фенолом, ароматическими углеводородами, металлами существенно превышает гигиенические нормативы, что формирует неприемлемый риск развития у населения заболеваний ССС и нервной системы, желудочно-кишечного тракта, органов дыхания, опорно-двигательного аппарата.

2. Хроническое присутствие в биосредах населения приоритетных для алюминиевого и целлюлозно-бумажного производства загрязняющих веществ снижает функциональную активность адаптационных механизмов защиты ССС, вегетативной нервной системы и органов детоксикации.

3. Уровень заболеваемости населения болезнями органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, иммунной системы, опорно-двигательного аппарата более чем в 2,5 раза превышает показатели территорий санитарно-гигиенического благополучия и обусловлен присутствием в биосредах повышенных концентраций приоритетных загрязняющих веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 10,11)

1. Гигиенические аспекты нарушения здоровья детей при воздействии химических факторов среды обитания / Под ред. Н.В. Зайцевой. — Пермь: Книжный формат, 2011. — 489 с.
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения РФ в 2015 г.»: Гос. доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2016. — 200 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2015 году». — Иркутск: ООО Изд-во «Время странствий», 2016. — 316 с.
4. Грес Н.А. Элементоз избытка алюминия распространенность у населения клинические и биологические аспекты. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 112 с.
5. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Аминова А.И. Гигиенические аспекты нарушения здоровья детей при воздействии химических факторов среды обитания: рук-во / под ред. Н.В. Зайцевой. — Пермь: Книжный формат, 2011. — 489 с.
6. Измерение массовых концентраций химических соединений в биологических средах: Сб. методич. указаний по методам контроля. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2013. — 21 с.
7. Клиническое руководство по лабораторным тестам / Под ред. проф. Норберта У. Тица / Пер. с англ. Под ред. В. В. Меньшикова. — М.: ЮНИМЕД-пресс, 2003. — 960 с.
8. Онищенко Г.Г., Зайцева Н. В., Землянова М. А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических элементов. — Пермь: Книжный формат, 2011. — 532 с.

9. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. — М.: Статистика, 1977. — 356 с.

REFERENCES

1. N.V. Zaitseva, ed. Hygienic aspects of health disorders in children under exposure to environmental chemical factors. — Perm': Knizhnyi format, 2011. — 489 p. (in Russian).
2. Governmental report «On state of sanitary epidemiologic well-being of population in Russian Federation in 2015». Governmental report. — Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka, 2016. — 200 p. (in Russian).
3. Governmental report «On state and protection of environment in Irkutsk region in 2015». — Irkutsk: ООО Izdatel'stvo «Vremya stranstviy», 2016. — 316 p. (in Russian).
4. Gres' N.A. Elementosis of aluminium: prevalence in population, clinical and biologic aspects. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 112 p. (in Russian).
5. Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Aminova A.I. Hygienic aspects of health disorders in children under exposure to environmental chemical factors. Manual. N.V. Zaytseva, ed. — Perm': Knizhnyy format, 2011. — 489 p. (in Russian).
6. Measurements of mass concentrations of chemical compounds in biologic media: Collection of methodic recommendations on control methods. — Moscow: Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rosпотреbnadzora, 2013. — 21 p. (in Russian).
7. U. Tits Norbert, prof, ed. Clinical manual on laboratory tests. Translated from English, V. V. Men'shikov, ed. — Moscow: YuNIMED-press, 2003. — 960 p. (in Russian).
8. Onishchenko G.G., Zaytseva N. V., Zemlyanova M. A. Hygienic indication of health consequences caused by environmental exposure to chemical elements. — Perm': Knizhnyy format, 2011. — 532 p. (in Russian).
9. Chetyrkin E.M. Statistic methods of forecasting. — Moscow: Statistika, 1977. — 356 p. (in Russian).
10. Elementosis of excess aluminum prevalence in the population of clinical and biological aspects. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 112 p.
11. Hygienic aspects of violation of children's health under the influence of chemical factors of the environment: management / Ed. N.V. Zaycevoj. — Perm': Knizhnyj format, 2011. — 489 p.

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зайцева Нина Владимировна (Zaitseva N.V.),
дир. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р мед. наук, проф., акад. РАН, засл. деятель науки РФ, E-mail: znv@fcrisk.ru.

Устинова Ольга Юрьевна (Ustinova O.Yu.),
зам. дир. по лечебной работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью

населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р. мед. наук, доц. E-mail: ustinova@fcrisk.ru.

Землянова Марина Александровна (*Zemlyanova M.A.*), зав. отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р мед. наук. E-mail: zem@fcrisk.ru.

Жданова-Заплевичко Инга Геннадьевна (*Zhdanova-Zaplevichko I.G.*), нач. отд. организации и обеспечения деятельности Управления Роспотребнадзора по Иркутской обл., канд. мед. наук.

Лужецкий Константин Петрович (*Luzhetskiy K.P.*), зав. клиникой пропатологии и мед. труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления ри-

сками здоровью населения», доц. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, канд. мед. наук. E-mail: nemo@fcrisk.ru.

Маклакова Ольга Анатольевна (*Maklakova O.A.*), зав. конс.-поликлинич. отд. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», доц. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, канд. мед. наук. E-mail: Maklakova@fcrisk.ru.

Клейн Светлана Владиславовна (*Kleyn S.V.*), зав. отд. социально-гигиенического мониторинга ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», доц. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, канд. мед. наук. E-mail: Kleyn@fcrisk.ru.

УДК 614.7:616.24

Лужецкий К.П.^{1,2}, Зайцева Н.В.^{1,2}, Устинова О.Ю.^{1,2}, Цинкер М.Ю.¹, Вандышева А.Ю.¹, Валина С.А.¹, Вековшинина С.А.¹

СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЙОНЕ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА, В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОЙ НИЗКОУРОВНЕВОЙ АЭРОГЕННОЙ ЭКСПОЗИЦИИ МЕТАЛЛАМИ

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

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

Выполнены санитарно-гигиенический анализ качества окружающей среды и оценка риска в районе влияния крупного промышленного узла, в выбросах предприятий которого присутствовали свинец, марганец, никель, кадмий и хром. Установлено, что уровень загрязнения атмосферного воздуха на селитебных территориях исследуемыми металлами не превышает гигиенических нормативов. Вместе с тем, хронический неканцерогенный риск для нервной (НП 4,9) и эндокринной (НП 1,1) систем характеризовался как неприемлемый. У 183 детей, проживающих в условиях хронической низкоуровневой аэрогенной экспозиции металлами, среднее содержание в крови марганца, никеля и хрома в 1,5–9,4 раза превышало референтные уровни, и в 1,3–2,2 раза — показатели группы сравнения ($p < 0,05$). У детей с повышенной концентрацией в крови свинца, марганца, никеля, кадмия и хрома заболевания эндокринной (18,3%) и нервной системы (16,9%) выявлялись в 1,7–1,8 раза чаще, а нарушения физического развития — в 1,2–1,6 раза чаще, чем в группе сравнения ($p < 0,05$). Относительный риск развития массо-ростовых нарушений (E44-E46, E34.3) был в 3,05–3,5 раза выше, чем в группе сравнения ($OR = 3,05$; $DI = 1,05–9,5$; $p = 0,05$; $OR = 3,75$; $DI = 1,07–17,4$; $p = 0,05$). Установлена вероятностная, статистически достоверная причинно-следственная связь повышенного содержания в крови свинца и хрома с нарушением физического развития (E44–46); повышенного содержания никеля и кадмия в крови с вероятностью развития низкорослости (E34.3) ($p < 0,001$).

Ключевые слова: низкоуровневое ингаляционное воздействие металлов; свинец; марганец; кадмий, никель; хром; патология нервной и эндокринной системы; нарушения физического развития

Luzhetskiy K.P.^{1,2}, Zaitseva N.V.^{1,2}, Ustinova O.Yu.^{1,2}, Tsinker M.Yu.¹, Vandysheva A.Yu.¹, Valina S.L.¹, Vekovshinina S.A.¹ **Health state of population residing near industrial center, with chronic low-level airborne exposure to metals**
¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, Russia, 614045

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

Sanitary hygienic analysis of environment and risk evaluation were performed in area under influence of major industrial agglomeration with enterprises releasing lead, manganese, nickel, cadmium and chromium. Findings are that ambient air pollution on the populated area with the studied metals does not exceed the hygienic norms. With that, chronic noncarcinogenic risk for nervous (HI 4,9) and endocrine (HI 1,1) systems was unacceptable. Total of 183 children residing under chronic low-level airborne exposure to metals appeared to have average serum levels of manganese, nickel and chromium 1,5–9,4 times exceeding the reference levels, and 1,3–2,2 times over the reference group values ($p < 0,05$). The children with higher serum levels of lead, manganese, nickel, cadmium and chromium appeared to have 1,7–1,8 times higher occurrence of endocrine (18,3%) and nervous (16,9%) diseases, physical development disorders — 1,2–1,6 times more frequently, vs. in the reference group ($p < 0,05$). Relative risk of weight-height disorders (E44-E46, E34.3) was 3,05–3,5 times more than in the reference group ($OR = 0,05$; $DI = 1,05–9,5$; $p = 0,05$; $OR = 3,75$; $DI = 1,07–17,4$; $p = 0,05$). The study established probable, statistically significant cause-effect relationship between increased serum level of lead, chromium with physical development disorders (E44–46), between serum levels of nickel, cadmium and probable development of dwarfism (E34.3) ($p < 0,001$).

Key words: low-level inhalation exposure to metals; lead; manganese; cadmium; nickel; chromium; diseases of nervous and endocrine system; physical development disorders

Актуальность. Цель государственной политики Российской Федерации в сфере обеспечения экологической безопасности состоит в предотвращении негативных изменений окружающей среды, обусловленных хозяйственной и иной деятельностью [1,9,10]. Одними из наиболее значимых факторов окружающей среды, представляющих серьезную угрозу для здоровья населения, являются металлы, формирующие техногенное загрязнение атмосферного воздуха населенных территорий [4].

По данным Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (ФИФ СГМ) в 2015 г. в РФ доля проб с ненормативным содержанием тяжелых металлов в воздухе (0,02%–0,63%) и почве (0,49%–1,51%) была достаточно низкой. На отдельных территориях страны доля проб, в которых превышены гигиенические нормативы содержания свинца в атмосферном воздухе, достигала высоких значений: в Красноярском крае — 19,01% проб, в Республике Бурятия — 10,34%, в Сахалинской области — 9,09%. Высокое содержание металлов в почве выявлено в Республике Северная Осетия-Алания (свинец — 39,11% проб почв, кадмий — 37,99%) и Приморском крае (свинец — 26,37%), где доля нестандартных проб превышала среднероссийский уровень (свинец — 1,51%, кадмий — 0,49%) в 25,9–77,5 раза.

По данным литературы такие химические соединения, как свинец, марганец, никель, кадмий, хром и др., оказывают выраженное негативное влияние на обменные процессы и костный метаболизм, являются причиной формирования заболеваний нервной и эндокринной системы, вызывают нарушения физического развития у детей [3,4,12]. Большинство тяжелых металлов способны оказывать негативное влияние на тиреоидный обмен и формирование патологии щитовидной железы [8,11]. При этом дети являются наиболее уязвимой группой для развития экообусловленных заболеваний и нарушений физического развития [1,5,6].

Получены результаты об изменениях в соматическом и нейроэндокринном статусе человека под влиянием

металлов, превышающих гигиенические нормативы в среде обитания [7]. Вместе с тем данных, посвященных изучению хронического низкого уровня воздействия металлов техногенного происхождения на показатели здоровья экспонированного населения, недостаточно.

Цель исследования: провести оценку здоровья населения, проживающего в районе влияния крупного промышленного узла, в условиях хронической низкого уровня аэрогенной экспозиции металлами (свинцом, марганцем, никелем, кадмием и хромом).

Материалы и методы. В качестве территории исследования был выбран один из районов крупного промышленного центра с численностью населения более 1 млн человек. По данным территориального центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды район ежегодно признается одним из самых загрязненных районов города по показателю качества атмосферного воздуха. На территории района расположено 16 предприятий химической и машиностроительной промышленности, которые выбрасывают в атмосферный воздух более 215 загрязняющих веществ.

По данным формы государственной статистической отчетности «2-тп воздух» в 2014 г. валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников района составил 1079,2 тонны. Основную массовую долю (82,7%) в выбросах предприятий района составляют вещества 3 класса опасности (1 класса опасности — 0,004%, 2 класса — 0,53%). В структуре выбросов района преобладают диоксид азота (70,7%), оксид углерода (15,7%) и оксиды азота (11,5%).

Долевой вклад района в валовый выброс кадмия в целом по городу составляет более 12,5%, хрома — 25,3%, свинца — 13,3%, никеля — 48,4%, марганца — более 20,2%. На территории района в зоне влияния источников загрязнения атмосферы, в составе выбросов которых присутствуют свинец, марганец, никель, кадмий и хром, проживает более 131 тыс. человек.

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха выполнена с учетом требований действующей

щих нормативно-методических документов: СанПиН 2.1.6.1032–01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест», ГН 2.1.6.1338–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», ГН 2.1.6.2309–07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». Для гигиенической оценки использовались данные натурных наблюдений за качеством атмосферного воздуха, предоставленные Пермским ЦГМС — филиалом ФГБУ «Уральское УГМС», за период 2011–2014 гг., а также данные собственных натурных исследований.

Группу наблюдения составили 183 человека (97 мальчиков и 86 девочек) в возрасте 4–12 лет ($7,3 \pm 3,2$ лет; группа наблюдения), проживавшие в условиях хронической низкоуровневой экспозиции металлами (свинец, марганец, никель, хром, кадмий), поступающими с атмосферным воздухом. В группу сравнения вошли 46 детей (24 мальчика и 22 девочки; $7,6 \pm 3,3$ лет), проживавших в условиях санитарно-гигиенического благополучия с отсутствием длительной полиметалльной нагрузки. Сравнимые группы были равноценны по йодному обеспечению и имели легкую степень тяжести йодного дефицита; медиана йодурии в группе наблюдения составляла $76,3 \pm 12,1$ мкг/л, в группе сравнения — $81,5 \pm 9,4$ мкг/л ($p=0,73$). Группы исследования были сопоставимы по возрасту, гендерному и этническому составу, сопутствующей патологии, социально-экономическому уровню семьи. Качество и рацион питания обследованных детей соответствовали возрастным нормативам и не имели достоверных отличий.

Химико-аналитическое исследование содержания марганца, кадмия, никеля, свинца, хрома в пробах крови выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ISP-MS) на масс-спектрометре Agilent 7500cx («Agilent Technologies Inc.», США) в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.3161–14 и СТО М 12–2013.

Углубленные клинко-лабораторное и функциональное обследования включали: медико-социальное анкетирование, изучение качественного и количественного рациона питания; анализ амбулаторных карт развития (форма № 112/у) и результатов осмотра врачами-специалистами (педиатр, эндокринолог, невропатолог); оценку физического развития по стандартной методике [2]; ультразвуковое сканирование щитовидной железы по стандартной методике на аппарате «Toshiba Aplio XG» (Япония) с использованием линейного мультисекторного датчика. Рентгенологическое исследование кистей проведено на рентгеновском аппарате ТМХР+ (Франция) по стандартной методике (снимок в прямой проекции обеих кистей и лучезапястных суставов) М.А. Жуковского (1995 г.). Программа исследования была одобрена Этическим комитетом ФБУН «ФНЦ медико-профилактических

технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (протокол №2, 2016 г.). Для проведения социологических, клинко-функциональных и лабораторных исследований у всех законных представителей обследованных детей было предварительно получено добровольное информированное согласие.

Лабораторная диагностика выполнялась по стандартным методикам в аккредитованной лаборатории с помощью спектрофотометра ПЭ–5300в (Экохим, Россия), биохимического Konelab 20» (ThermoFisher, Финляндия) и иммуноферментного «Infinite F50» (Tecan, Австрия) анализаторов.

Анализ полученной информации осуществлялся статистическими методами (Statistica 6.0) и с помощью специально разработанных программных продуктов, сопряженных с приложениями MS-Office. Показатель тяжести формирования нарушений физического развития оценивался в соответствии со шкалой степени тяжести нарушений здоровья на уровне срединных значений для заболеваний средней тяжести — 0,0032.

Результаты и их обсуждение. По данным гигиенической оценки содержание тяжелых металлов (свинца, марганца, никеля, хрома и кадмия) в атмосферном воздухе соответствовало требованиям СанПиН 2.1.6.1032–01 и на контрольной территории, и на территории сравнения. Вместе с тем, в атмосферном воздухе территории исследования концентрации свинца превышали таковые на территории сравнения в 1,5 раза, марганца — в 11,7 раза, никеля — в 3,5 раза, хрома — в 5,4 раза и кадмия — в 1,6 раза. Индексы хронического ингаляционного воздействия металлов, загрязняющих атмосферный воздух территории исследования, составили в отношении эндокринной системы до 1,1 НИ и ЦНС (до 4,9 НИ), что выше допустимого уровня (НИ=1,0).

При анализе обращаемости детского населения исследуемой территории по поводу эндокринных нарушений в медицинские учреждения Пермского края установлено наличие достоверных причинно-следственных связей между изучаемыми факторами риска и возникновением недостаточности питания (OR=5,4; DI=2,9–40,3) и низкорослости (OR=4,2; DI=1,5–11,9), а также задержкой полового созревания (OR=1,1), эндемическим диффузным зобом (OR=3,7) и умеренной белково-энергетической недостаточностью (OR=5,6; $p \leq 0,001$). По полученным показателям отношения рисков вероятность развития у детского населения исследуемого района недостаточности питания в 5,4 раза и низкорослости в 4,1 раза выше по сравнению с детским населением района сравнения. При сохраняющихся условиях воздействия факторов среды обитания, число случаев дополнительно заболевших детей с недостаточностью питания составило 240, с низкорослостью — 187.

Химико-аналитическое исследование выявило, что у детей группы наблюдения содержание в крови свинца ($0,037 \pm 0,012$ мг/дм³), марганца ($0,013 \pm 0,001$ мг/дм³), никеля ($0,0073 \pm 0,0013$ мг/дм³), кадмия

Таблица 1

Структура выявленной патологии у обследованного населения, %

Заболевания	Группа наблюдения	Группа сравнения	p
Органов пищеварения	28,96	36,74	0,13
Опорно-двигательного аппарата	21,99	23,47	0,75
Эндокринной системы	18,31	10,72	0,05
Нервной системы	16,89	9,2	0,04
Органов дыхания	9,39	9,2	0,95
Системы кровообращения	8,85	2,04	0,02
Мочевыводящей системы	4,03	1,02	0,14
Кожи и подкожной клетчатки	3,76	–	0,05
Всего заболеваний (абс.)	373	98	–

Таблица 2

Структура эндокринной патологии у обследованного населения, %

Нозология	Группа наблюдения	Группа сравнения	p
Пониженное питание (E44.1, E46)	13,7	6,41	0,05
Низкорослость (E34.3)	7,4	2,18	0,04
Диффузный (эндемический) зоб (E01.0)	6,8	2,2	0,05
Высокорослость (E34.4)	6,7	2,18	0,05
Избыточное питание (E67.8)	2,2	4,35	0,49
Ожирение (E66.0)	1,1	2,18	0,61

Таблица 3

Результаты оценки риска нарушений физического развития у детей (недостаточность питания — E44.1, E46 и низкорослость — E34.3), при различной концентрации (C) металлов в крови, мкг/л (уровень допустимого риска (R) — менее 1×10^{-04})

Свинец — E44.1, E46		Хром — E44.1, E46		Никель — E34.3		Кадмий — E34.3	
C	R	C	R	C	R	C	R
0,011	$7,00 \times 10^{-05}$	0,003	$9,81 \times 10^{-05}$	0,002	$9,73 \times 10^{-05}$	0,00017	$8,30 \times 10^{-05}$
0,021	$1,05 \times 10^{-04}$	0,004	$1,11 \times 10^{-04}$	0,003	$1,06 \times 10^{-04}$	0,00022	$9,16 \times 10^{-05}$
0,031	$1,57 \times 10^{-04}$	0,005	$1,25 \times 10^{-04}$	0,004	$1,16 \times 10^{-04}$	0,00027	$1,01 \times 10^{-04}$
0,041	$2,33 \times 10^{-04}$	0,006	$1,40 \times 10^{-04}$	0,005	$1,27 \times 10^{-04}$	0,00032	$1,11 \times 10^{-04}$

($0,00027 \pm 0,001$ мг/дм³) и хрома ($0,0048 \pm 0,0009$ мг/дм³) в 1,3–2,2 раза превышало показатели группы сравнения ($p=0,0001$ – $0,041$), кроме того, концентрация марганца (в 1,5 раза), никеля (в 9,4 раза) и хрома (в 4,0 раза) превышала пределы референтных уровней ($p=0,001$ – $0,003$)

Анализ структуры выявленной патологии показал, что наиболее часто у обследованных детей обеих групп встречались заболевания желудочно-кишечного тракта, патологии опорно-двигательного аппарата, болезни эндокринной и нервной систем. При этом последние два класса болезней имели статистически значимые различия ($p=0,04$ – $0,05$). В среднем на одного ребенка группы наблюдения приходилось по 4,1 нозологических формы, что в 1,96 раза превышало показатель группы сравнения (табл. 1).

Заболевания эндокринной системы в структуре соматической патологии занимали третье ранговое место и выявлялись у 18,3% детей что в 1,7 раза чаще, чем в группе сравнения (10,7%; $p=0,05$). В качестве основных нозологических единиц в группе наблюдения преобладали нарушения массо-ростовых по-

казателей — 21,1% (пониженное питание — 13,7% и низкорослость — 7,4%) и патология щитовидной железы (диффузный эндемический зоб) — 6,8%, которые диагностировались в 2,1–3,4 раза чаще, чем в группе сравнения (2,2%; $p=0,04$ – $0,05$). Нарушения жирового обмена не имели значимых различий с группой сравнения и проявлялись избыточным питанием и ожирением у 2,2% и 1,1% детей, соответственно ($p=0,49$ – $0,61$) (табл. 2).

Оценка структуры нарушений физического развития выявила у 16,5% детей группы наблюдения дефицит массы тела, что в 2,2 раза чаще, чем в группе сравнения (7,2%; $p=0,05$). Относительный риск развития нарушения питания (дефицит массы) и задержки физического развития у детей группы наблюдения в 1,7–4,7 раза превышал показатель в группе сравнения ($OR=1,7$; $DI=0,7$ – $4,16$; и $OR=4,71$; $DI=1,8$ – $12,27$; $p<0,05$ соответственно).

При рентгенологическом исследовании у 44,5% детей группы наблюдения установлено достоверное отставание костного возраста от паспортного и снижение темпов окостенения относительно группы срав-

нения (17,8% и 27,8%; $p=0,03-0,05$). Методом ультразвуковой денситометрии у 71,4% детей группы наблюдения выявлено снижение минеральной плотности костной ткани относительно возрастного норматива в основном в виде остеопении (46,1% в группе сравнения; $p=0,05$). В группе наблюдения нарушения ультразвуковых характеристик щитовидной железы выявлены у 62,5% обследованных детей, что в 1,7 раза чаще, чем в группе сравнения ($p=0,001$).

У детей, проживающих в условиях хронического аэрогенного воздействия металлов, установлена вероятностная, статистически достоверная причинно-следственная связь заболеваний эндокринной системы и нарушений физического развития (недостаточности питания E44.1, E46) с повышенным содержанием свинца ($R^2=0,37$; $F=481,13$) и хрома ($R^2=0,54$; $F=785,8$) в крови ($p<0,001$). У детей с повышенным содержанием никеля ($R^2=0,42$; $F=578,3$) и кадмия ($R^2=0,78$; $F=1905,6$; $p<0,001$) в крови, увеличивалась вероятность развития низкорослости (E34.3).

При оценке риска здоровью при уровне маркера экспозиции (концентрация свинца в крови до 0,011 мкг/л, хрома — до 0,003 мкг/л, никеля — до 0,002 мкг/л, кадмия — до 0,00022 мкг/л) риск формирования нарушений физического развития у детей (недостаточность питания — E44.1, E46 и низкорослость — E34.3) в целом по выборке характеризуется как допустимый (менее $1,0 \times 10^{-4}$) (табл. 3).

В то же время, начиная с уровня содержания свинца в крови более 0,021 мкг/л, хрома более 0,004 мкг/л, никеля более 0,003 мкг/л, кадмия более 0,00027 мкг/л, величина риска формирования недостаточности питания и низкорослости может достигать недопустимых значений ($1,05 \times 10^{-4}$, $1,11 \times 10^{-4}$, $1,06 \times 10^{-4}$ и $1,01 \times 10^{-4}$ соответственно).

Выводы:

1. В условиях хронической низкоуровневой экспозиции металлов (свинец, марганец, никель, хром, кадмий), поступающих с атмосферным воздухом в концентрациях ниже ПДК, суммарные индексы опасности превышали допустимые значения для эндокринной (до 1,1 ТНІ) и нервной (до 4,9 ТНІ) систем. Среднее содержание в крови детей марганца, никеля и хрома в 1,5–9,4 раза превышало референтные уровни, и в 1,3–2,2 раза — показатели группы сравнения ($p<0,05$).

2. У экспонированного металлами детского населения заболевания эндокринной и нервной системы в структуре соматической патологии занимали третье и четвертое ранговое место и выявлялись в 1,7–1,8 раза чаще, чем в группе сравнения (16,9–18,3%, $p=0,04-0,05$). У детей с повышенным содержанием в крови свинца, марганца, никеля, хрома и кадмия в 1,2–1,6 раза чаще регистрировались нарушения физического развития.

3. Установлена вероятностная, статистически достоверная причинно-следственная связь повышенного содержания свинца ($R^2=0,37$; $F=481,13$) и хрома ($R^2=0,54$; $F=785,8$) в крови с нарушением физическо-

го развития (недостаточности питания E44.1, E46); повышенного содержания никеля ($R^2=0,42$; $F=578,3$) и кадмия ($R^2=0,78$; $F=1905,6$) в крови с вероятностью развития низкорослости (E34.3) ($p<0,001$). Начиная с уровня содержания свинца в крови более 0,021 мкг/л, хрома более 0,004 мкг/л, никеля более 0,003 мкг/л, кадмия более 0,00027 мкг/л, величина риска формирования недостаточности питания и низкорослости может достигать недопустимых значений ($1,05 \times 10^{-4}$, $1,11 \times 10^{-4}$, $1,06 \times 10^{-4}$ и $1,01 \times 10^{-4}$ соответственно).

4. В качестве мероприятий по снижению аэрогенной нагрузки соединениями свинца, марганца, никеля, кадмия и хрома администрации города рекомендовано вывести часть предприятий района из жилой застройки. Остальным предприятиям — снизить уровни воздействия на окружающую среду до допустимых пределов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.А., Ильин А.Г. Основные тенденции динамики состояния здоровья детей в Российской Федерации. Пути решения проблем // Вестник РАМН. — 2011. — № 6. — С. 12–18.
2. Баранов А.А., Кучма В.Р., Ямпольская Ю.А. и др. Методы исследования физического развития детей и подростков в популяционном мониторинге: руководство для врачей. — М.: Союз педиатров России, 1999. — 226 с.
3. Бухарова Е.М. Влияние факторов городской среды на физическое развитие и состояние здоровья детей // Здоровье охранение РФ. — 2011. — № 5. — С. 18.
4. Гильденскильд Р.С., Новиков Ю.В., Хамидулин Р.С., Анискина Р.И., Винокур И.Л. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм // Гигиена и санитария. — 1992. — № 5(6). — С. 6–9.
5. Корочкина Ю.В., Перекусихин М.В., Васильев В.В., Пантелеев Г.В. Гигиеническая оценка окружающей среды и здоровья детей города Пензы. // Анализ риска здоровью. — 2015. — № 3. — С. 33–39. DOI: 10.21668/health.risk/2015.3.05.
6. Кучма В.Р., Скоблина Н.А. Современные проблемы оценки физического развития детей в системе медицинской профилактики // Вестник РАМН. — 2009. — № 5. — С. 19–21.
7. Ланин Д.В. Анализ корегуляции иммунной и нейроэндокринной систем в условиях воздействия факторов риска // Анализ риска здоровью. — 2013. — № 1. — С. 73–81. DOI: 10.21668/health.risk/2013.3.10.
8. Лужецкий К.П., Корюкина И.П., Устинова О.Ю., Бурдина Л.В., Штина И.Е. Особенности клинико-лабораторного статуса у детей с йоддефицитными заболеваниями, проживающих в условиях комбинированного воздействия природно-техногенных факторов // Фундаментальные исследования. — 2010. — № 2. — С. 65–67.
9. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью в задачах совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора в РФ // Анализ риска здоровью. — 2014. — № 2. — С. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2014.2.01.
10. Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 г. — 2016. — 18 с.

11. Устинова О.Ю., Зайцева Н.В., Пермяков И.А., Вандышева А.Ю., Верихов Б.В. Влияние марганца на костный метаболизм у детей, проживающих в условиях воздействия химических факторов среды обитания // *Фундаментальные исследования*. — 2011. — № 9. С. 314–317.

12. Шевчук Л.М., Толкачева Н.А., Пшегорода А.Е., Семенов И.П. Гигиеническая оценка влияния на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха с учетом комбинированного действия химических веществ в зоне расположения предприятия химической промышленности // *Анализ риска здоровью*. — 2015. — № 3. — С. 40–46. DOI: 10.21668/health.risk/2015.3.06.

REFERENCES

1. Baranov A.A., Il'in A.G. Main tendencies of changes in children health state in Russian Federation // *Vestnik RAMN*. — 2011. — 6. — P. 12–18 (in Russian).

2. Baranov A.A., Kuchma V.R., Yampol'skaya Yu.A., et al. Methods to study physical development in children and adolescents in population monitoring. Manual for doctors. — Moscow: Soyuz pediatrov Rossii, 1999. — 226 p. (in Russian).

3. Bukharova E.M. Influence of urban environment factors on physical development and health state of children // *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. — 2011. — 5. — P. 18 (in Russian).

4. Gil'denskiol'd R.S., Novikov Yu.V., Khamidulin R.S., Aniskina R.I., Vinokur I.L. Heavy metals in environment, and their influence on humans // *Gig. i sanit.* — 1992. — 5 (6). — P. 6–9 (in Russian).

5. Korochkina Yu.V., Perekusikhin M.V., Vasil'ev V.V., Panteleev G.V. Hygienic evaluation of environment and health state of children in Penza city // *Analiz riska zdorov'yu*. — 2015. — 3. — P. 33–39. DOI: 10.21668/health.risk/2015.3.05 (in Russian).

6. Kuchma V.R., Skoblina N.A. Contemporary problems of evaluating physical development in children within medical prophylactic system // *Vestnik RAMN*. — 2009. — 5. — P. 19–21 (in Russian).

7. Lanin D.V. Analysis of coregulation of immune and neuroendocrine systems under exposure to risk factors // *Analiz riska zdorov'yu*. — 2013. — 1. — P. 73–81. DOI: 10.21668/health.risk/2013.3.10 (in Russian).

8. Luzhetskiy K.P., Koryukina I.P., Ustinova O.Yu., Burdina L.V., Shtina I.E. Features of clinical and laboratory state in children with iodine deficiency diseases, residing under combined exposure to natural and technogenic factors // *Fundamental'nye issledovaniya*. — 2010. — 2. — P. 65–67 (in Russian).

9. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Zaytseva N.V., May I.V., Shur P.Z. Analysis of health risk in goals to improve sanitary epidemiologic surveillance in Russian Federation // *Analiz riska zdorov'yu*. — 2014. — 2. — P. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2014.2.01 (in Russian).

10. Strategy of ecologic safety of Russian Federation over a period to 2025. 2016; 18 p. (in Russian).

11. Ustinova O.Yu., Zaytseva N.V., Permyakov I.A., Vandysheva A.Yu., Verikhov B.V. Influence of manganese on bone metabolism in children residing under exposure to chemical environmental factors // *Fundamental'nye issledovaniya*. — 2011. — 9. — P. 314–317 (in Russian).

12. Shevchuk L.M., Tolkacheva N.A., Pshegroda A.E., Semenov I.P. Hygienic evaluation of public health changes due to ambient air pollution, with consideration of combined effects of chemicals near chemical enterprise // *Analiz riska zdorov'yu*. — 2015. — 3. — P. 40–46. DOI: 10.21668/health.risk/2015.3.06 (in Russian).

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лужецкий Константин Петрович (Luzhetskiy K.P.),

зав. клиникой профпат. и мед. труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: nemo@fcrisk.ru.

Зайцева Нина Владимировна (Zaitseva N.V.),

дир. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности, д-р мед. наук., проф., акад. РАН, засл. деятель науки РФ, E-mail: znv@fcrisk.ru.

Устинова Ольга Юрьевна (Ustinova O.Yu.),

зам. дир. по клинич. работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности, д-р мед. наук., доц. E-mail: ustinova@fcrisk.ru.

Цинкер Михаил Юрьевич (Tsinker M.Yu.),

мл. науч. сотр. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: cinker@fcrisk.ru.

Вандышева Александра Юрьевна (Vandysheva A.Yu.),

врач ЛФК «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: doctor-vau@list.ru.

Валина Светлана Леонидовна (Valina S.L.),

зав. отделом гиг. детей и подростков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: doc.valina@yandex.ru.

Вековщина Светлана Анатольевна (Vekovshina S.A.),

зав. лаб. методов оценки соответствия и потребительских экспертиз «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: root@fcrisk.ru.

Май И.В.^{1,2}, Клейн С.В.^{1,2}, Вековшинина С.А.¹**ОЦЕНКА НЕОБХОДИМОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И УРОВЕНЬ АЭРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ УЩЕРБА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ**¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул. Букирева, 15, Пермь, Россия, 614990

Дана оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха (по критериям экологического воздействия и аэрогенного риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния) до и после реконструкции крупного промышленного предприятия. Установлено, что в результате технического перевооружения производства воздействие на атмосферный воздух увеличилось. Масса выбрасываемых веществ возросла на 3,33 тыс. т/год за счет увеличения массы выбросов общераспространенных примесей: оксидов азота, диоксида серы, оксида углерода и пр. Несмотря на рост валового выброса, реконструкция привела к снижению удельного выброса загрязняющих веществ на 1 тонну переработанной нефти (в 2,1 раза). Суммарный индивидуальный канцерогенный риск на границе санитаро-защитной зоны (СЗЗ) остался на предельно допустимом уровне: $7,88 \times 10^{-6}$ до реконструкции, и $2,00 \times 10^{-5}$ после реконструкции. Определено, что индексы опасности острого неканцерогенного риска развития болезней центральной нервной системы (ЦНС) снизились с 0,22 НЛас (до реконструкции) до 0,09 НЛас (после реконструкции), болезней органов дыхания — с 1,01 до 0,99 НЛас, иммунной системы — с 1,02 до 0,82 НЛас, репродуктивной системы — с 1,02 до 0,82 НЛас (соответственно). Увеличились, но остались на приемлемом уровне индексы опасности развития системных эффектов (от 0,12 до 0,19 НЛас) и заболеваний органов зрения (от 0,35 до 0,80 НЛас) при остром воздействии выбросов предприятия. Индексы опасности хронического неканцерогенного риска развития болезней всех, поражаемых выбросами предприятия органов и систем после реконструкции увеличились, но остались на приемлемом уровне ($HICr \leq 1$).

Ключевые слова: реконструкция; техническое перевооружение; нефтеперерабатывающее производство; атмосферный воздух; риск здоровью населения

May I.V.^{1,2}, Kleyin S.V.^{1,2}, Vekovshinina S.A.¹ **Evaluating influence of major industrial enterprise reconstruction and airborne risk for minimizing public health damage**

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Monastyrskaya Str., 82, Perm, Russia, 614015

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

The authors evaluated ambient air pollution (according to criteria of ecologic influence and airborne health risk to residents near the influenced zone) before and after reconstruction of major industrial enterprise. Findings are that technical renovation of the production resulted in increased influence on the ambient air. Weight of the released chemicals increased by 3,33 thousand tons/year due to more weight of common admixtures: nitrogen oxides, sulphur dioxide, carbon oxide, etc. Despite higher overall releases, the reconstruction caused less specific releases of the chemical pollutants per 1 tonn of treated oil (2,1 times). Overall individual carcinogenic risk on the sanitary protection zone border remained at MAC: $7,88 \cdot 10^{-6}$ before reconstruction, and $2,00 \cdot 10^{-5}$ after reconstruction. Jeopardy indexes of acute noncarcinogenic risk of central nervous system development appeared to decrease from 0,22 Hiac (before reconstruction) to 0,09 Hiac (after reconstruction), of respiratory diseases — from 1,01 to 0,99 Hiac, of immune system diseases — from 1,02 to 0,82 Hiac, of reproductive system diseases — from 1,02 to 0,82 Hiac (respectively). Increase, but remaining of acceptable level, was shown by jeopardy indexes of system effects development (from 0,12 to 0,19 Hiac) and eye diseases (from 0,35 to 0,80 Hiac) under acute exposure to the enterprise releases. Jeopardy indexes of chronic noncarcinogenic risk of diseases concerning all organs and systems affected by the releases increased after reconstruction, but remaining on acceptable level ($HICr \leq 1$).

Key words: reconstruction; technical renovation; oil processing industry; ambient air; public health risk

Введение. В стратегии национальной безопасности России [10] отмечается, что экономическую безопасность страны можно обеспечить только путем развития промышленно-технологической базы, модернизации и развития приоритетных секторов национальной экономики. К последним относится

и нефтеперерабатывающая промышленность [4,12]. В настоящее время в России глубина переработки углеводородного сырья не всегда соответствует мировым уровням, высок физический износ основных фондов действующих нефтеперерабатывающих производств при низких темпах их обновления, на более

чем 70% объектов отрасли используются технологии, разработанные в 60–80-е годы XX века. Все это свидетельствует об актуальности технологического перевооружения российских предприятий нефтехимической промышленности, реконструкции и модернизации их мощностей [7,12].

Планом развития газонефтехимии до 2030 г. [9] и Стратегией развития химического и нефтехимического комплексов до 2030 г. [11] предусмотрены мероприятия по техническому перевооружению и модернизации действующих предприятий, а также создание новых, экономически эффективных, ресурсо- и энергосберегающих и экологически безопасных нефтехимических производств.

Существенные финансовые вложения требуют оценки их потенциальной эффективности и результативности не только с позиций экономики и финансов, но и позиций роста или снижения рисков для окружающей среды и здоровья населения, постоянно проживающего в зонах влияния реконструируемых предприятий. Последнее представляется крайне актуальным, поскольку целым рядом исследований установлено, что объекты нефтепереработки и нефтехимии могут формировать значительные, в том числе недопустимые риски для здоровья жителей прилегающих территорий [1–3,5,6,8].

Цель исследования: оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха (по критериям экологического воздействия и аэрогенного риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния) до и после реконструкции крупного промышленного предприятия.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования было выбрано крупное промышленное предприятие — нефтеперерабатывающий завод, специализирующийся на выпуске топлива и компонентов масел, расположенный на юго-востоке европейской части РФ в городе с населением более 1 млн человек.

Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) был введен в эксплуатацию в середине XX века. НПЗ относится к предприятиям средней мощности по переработке нефтяного сырья.

Ассортимент продукции, выпускаемой предприятием, насчитывает около 70 наименований нефтепродуктов: высокооктановые автомобильные бензины и дизельное топливо стандарта ЕВРО–5, битумы, сжиженные газы, нефтяные коксы, в том числе прокаленный вакуумный газойль, базовые масла для производства товарных масел и пр.

После реконструкции и технического перевооружения показатели деятельности завода значительно улучшились: объем переработки нефти возрос с 8 до 12,6 млн т/год; увеличено производство моторных топлив, полностью соответствующих стандарту ЕВРО–5, в 3 раза уменьшены безвозвратные потери нефти, глубина переработки нефти составила 93%, что выше средних показателей по стране (74%).

В соответствии с действующей санитарной классификацией (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03) рассма-

триваемый НПЗ относится к предприятиям 1 класса опасности (раздел 7.1.1 «Химические объекты и производства» п. 13–«Производство по переработке нефти, попутного нефтяного и природного газа»). Размер санитарно-защитной зоны предприятия установлен Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации. Граница установленной санитарно-защитной зоны предприятия является описывающей границ сокращенных СЗЗ всех трех промышленных площадок предприятия.

Для получения максимальных разовых концентраций в расчетных точках на границе СЗЗ предприятия выполнялись расчеты рассеивания с использованием УПРЗА «Эколог» вариант «Стандарт» с учетом влияния застройки, версия 3.1. Константа целесообразности проведения расчетов задана уровнем 0,00001. При расчетах осуществлялся стандартный перебор по скоростям ветра (0,5 и 7 м/с; 0,5, 1 и 1,5 доли средне-взвешенной скорости) и перебор по направлениям от 0 до 360° через 10° для установления наихудших метеоусловий для каждой точки (уточненный перебор). Метеорологические характеристики территории исследования и фоновые концентрации загрязняющих веществ были предоставлены территориальным органом Росгидромета.

Для расчетов среднегодовых концентраций использовался программный модуль «Эколог-средние», метеоданные для которого были получены в виде метеофайла от ГГО им. А.И. Воейкова.

Исходная информация для выполнения расчетов рассеивания была предоставлена отделом экологии предприятия в виде томов ПДВ, инвентаризации источников выбросов, а также проектной документации на реконструкцию и модернизацию производства.

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха на границе установленной санитарно-защитной зоны предприятия выполнена с учетом требований действующих нормативно-методических документов: СанПиН 2.1.6.1032–01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест», ГН 2.1.6.1338–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», ГН 2.1.6.2309–07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Оценка аэрогенного риска здоровью населения при воздействии химических веществ, содержащихся в выбросах нефтеперерабатывающего завода, выполнена в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920–04).

Результаты и их обсуждение. Исследование показало, что до реконструкции на территории предприятия было расположено более 1,5 тысяч стационарных источников выбросов, от которых в атмосферный воздух поступало 76 химических веществ и 14 групп

веществ, обладающих эффектом суммации. Валовый выброс в атмосферу от источников предприятия составлял более 20,5 тыс. т/год (более 1,34 кг/с). В выбросах предприятия присутствовало 4 вещества 1 класса опасности (ртуть металлическая, свинец, хром (VI), бенз(а)пирен), 19 веществ 2 класса опасности, 19 веществ 3 класса и 15 веществ 4 класса опасности.

Анализ проектной документации на реконструкцию и модернизацию производства позволил выделить

три основных этапа реконструкции рассматриваемого предприятия:

1 этап: строительство комбинированной установки электрообессоливания и атмосферно-вакуумной перегонки нефти; реконструкция установки первичной переработки нефти; оборудование одного из блоков топливного производства узлом аминовой очистки рефлюкса от сероводорода; реконструкция установки селективной очистки масляных дистиллятов фенолом;

Таблица 1

Расчетные максимальные концентрации приоритетных загрязняющих веществ на границе СЗЗ НПЗ, доли ПДК_{м.р.}

Код в-ва	Вещество	Расчетная максимальная концентрация (доли ПДК)			
		до реконструкции	после этапа реконструкции		
			1-го	2-го	3-го
301	Диоксид азота (азот (IV) оксид)	0,05	0,59	0,61	0,70
303	Аммиак	0,38	0,38	0,38	0,38
330	Диоксид серы (ангидрид сернистый)	0,06	0,29	0,37	0,47
333	Дигидросульфид (сероводород)	0,99	0,96	0,98	0,99
415	Смесь углеводородов предельных C ₁ -C ₅	0,40	0,07	0,14	0,24
416	Смесь углеводородов предельных C ₆ -C ₁₀	0,26	0,03	0,09	0,15
501	Пентилены (амилены)	0,42	0,06	0,17	0,43
602	Бензол	0,44	0,35	0,44	0,49
616	Диметилбензол (ксилол)	0,36	0,15	0,26	0,37
621	Метилбензол (толуол)	1,00	0,27	0,37	0,70
1071	Гидроксибензол (фенол)	0,77	0,62	0,78	0,80
2732	Керосин	0,44	0,42	0,48	0,49
2735	Масло минеральное нефтяное	1,00	0,61	0,69	0,69
2754	Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	0,89	0,88	0,89	0,91
3401	Метилдиэтаноламин	–	0,58	0,64	0,64

Таблица 2

Результаты оценки риска для здоровья населения на границе СЗЗ от воздействия выбросов НПЗ с учетом реконструкции и технического перевооружения производства

Поражаемые органы и системы	Риск здоровью населения			
	До реконструкции	после этапа реконструкции		
		1-го	2-го	3-го
Суммарный индивидуальный канцерогенный риск (CR)				
Онкологические заболевания	от 7,88×10 ⁻⁶ до 2,44×10 ⁻⁵	от 3,41×10 ⁻⁶ до 1,76×10 ⁻⁵	от 5,65×10 ⁻⁶ до 2,00×10 ⁻⁵	от 5,78×10 ⁻⁶ до 2,00×10 ⁻⁵
Индексы опасности (НИас) острого неканцерогенного риска				
Центральная нервная	от 0,06 до 0,22	от 0,04 до 0,11	от 0,03 до 0,09	от 0,03 до 0,09
Органы дыхания	от 0,61 до 1,01	от 0,47 до 0,76	от 0,20 до 1,00	от 0,49 до 0,99
Репродуктивная	от 0,28 до 1,02	от 0,16 до 0,70	от 0,14 до 0,63	от 0,17 до 0,82
Органы зрения	от 0,17 до 0,35	от 0,16 до 0,36	от 0,20 до 0,78	от 0,40 до 0,80
Иммунная	от 0,28 до 1,02	от 0,15 до 0,70	от 0,14 до 0,64	от 0,17 до 0,82
Системные эффекты	от 0,04 до 0,12	от 0,01до 0,19	от 0,01 до 0,19	от 0,01 до 0,19
Индексы опасности (НИсг) хронического неканцерогенного риска				
Центральная нервная	от 0,05 до 0,16	от 0,19 до 0,61	от 0,12 до 0,50	от 0,18 до 0,52
Органы дыхания	от 0,17 до 0,37	от 0,35 до 0,92	от 0,13 до 0,48	от 0,46 до 0,99
Печень	от 0,05 до 0,35	от 0,10 до 0,47	от 0,07 до 0,44	от 0,12 до 0,78
Кроветворная	от 0,05 до 0,13	от 0,10 до 0,30	от 0,06 до 0,31	от 0,14 до 0,36
Репродуктивная	от 0,03 до 0,10	от 0,03 до 0,17	от 0,05 до 0,20	от 0,03 до 0,36
Сердечно-сосудистая	от 0,04 до 0,12	от 0,05 до 0,22	от 0,06 до 0,21	от 0,07 до 0,26
Иммунная	от 0,04 до 0,11	от 0,03 до 0,18	от 0,05 до 0,20	от 0,06 до 0,21

реконструкция установки деасфальтизации; строительство блока регенерации аминного раствора;

II этап: строительство комплекса глубокой переработки вакуумного газойля;

III этап: монтаж резервуарного парка дизельного топлива с насосной; реконструкция кольца топливного и природного газа; реконструкция системы сброса и очистки стоков; строительство установки фракционирования остатка гидрокрекинга для производства масел.

Реконструкция исследуемого предприятия привела к демонтажу (или ликвидации) 253 источников выбросов загрязняющих веществ.

Вместе с тем на предприятии появились собственные энергетические мощности, что привело к увеличению массы выбрасываемых веществ за счет выбросов общераспространенных примесей: оксидов азота (на 345,6 т/год), серы диоксида (на 1190,9 т/год) и углерода оксида (на 328,8 т/год). Выбросы канцерогенно опасных химических веществ, которые образуются в результате переработки нефти (бензол, этилбензол, масло минеральное нефтяное и пр.), остались на прежнем уровне или выросли незначительно.

Изменилось не только количество, но и номенклатура выбрасываемых источниками НПЗ загрязняющих веществ. Мероприятия по модернизации позволили исключить из выбросов такие примеси как железа оксид, марганец и его соединения, ртуть, хром шестивалентный, цинка оксид, фториды газообразные, проп-2-ена тример, трихлорэтилен, бутилен, ацетон, анилин, N-метиланилин, моноэтаноламин, пыль абразивная и пр.

Реализация мер по реконструкции и перевооружению НПЗ привела к снижению в 2,1 раза удельного выброса загрязняющих веществ на 1 тонну переработанной нефти с 1,5 кг/т в 2009 г. до 0,71 кг/т в 2015 г.

Гигиеническая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны НПЗ по результатам расчетов рассеивания с учетом фонового загрязнения показала, что максимальные концентрации всех загрязняющих веществ до и после каждого этапа реконструкции соответствовали гигиеническим нормативам содержания в атмосферном воздухе. Максимальные концентрации приоритетных загрязняющих веществ на границе СЗЗ НПЗ представлены в табл. 1.

Среднегодовые концентрации некоторых приоритетных веществ снизились (бензол — на 0,0015 мг/м³, углеводороды предельные — на 0,4751 мг/м³, толуол — на 0,0052 мг/м³, ксилол — на 0,0017 мг/м³), а по ряду веществ выросли (азота диоксид — на 0,0051 мг/м³, серы диоксид — на 0,0073 мг/м³) или остались на прежнем уровне (сероводород — 0,0002 мг/м³) [7,8].

Изменение концентраций загрязняющих веществ объясняется появлением собственной энергетической установки на предприятии, изменением расположения источников выбросов на территории промышленной площадки (перемещением вглубь промышленной площадки источников, создающих наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ), существенными изменениями технологий переработки сырья.

Оценка риска здоровью населения показала (табл. 2), что суммарный индивидуальный канцерогенный риск на границе санитарно-защитной зоны НПЗ, с учетом всех этапов реконструкции и технического перевооружения производства, остался на уровне предельно допустимого и составил после реконструкции $2,00 \times 10^{-5}$ ($7,888 \times 10^{-6}$ — до реконструкции).

Определено, что основной компонент, формирующий уровень канцерогенного риска для населения на границе СЗЗ, — бензол (СР до $1,99 \times 10^{-5}$). Выявленные уровни индивидуального риска в течение всей жизни (более 1×10^{-6} , но менее 1×10^{-4}) подлежат постоянному контролю. В этой связи предприятию было рекомендовано включить бензол в программу производственного контроля.

Установлено, что индексы опасности острого неканцерогенного риска развития болезней центральной нервной системы снизились с 0,22 НІас (до реконструкции) до 0,09 НІас (после реконструкции), болезней органов дыхания — с 1,01 до 0,99 НІас, иммунной системы — с 1,02 до 0,82 НІас, репродуктивной системы — с 1,02 до 0,82 НІас соответственно.

Увеличились в результате реконструкции, но остались на приемлемом уровне индексы опасности развития системных эффектов (с 0,12 до 0,19 НІас) и заболеваний органов зрения (с 0,35 до 0,80 НІас) при остром воздействии выбросов предприятия.

Приоритетными веществами, формирующими опасность развития патологии при остром ингаляционном воздействии выбросов НПЗ, являлись гидроксид натрия (НҚ до 0,80), диоксид азота (НҚ до 0,22), диоксид серы (НҚ до 0,35) и бензол (НҚ до 0,82).

Индексы опасности хронического неканцерогенного риска развития болезней всех поражаемых выбросами предприятия органов и систем после реконструкции увеличились на 27,8–52,4%, но остались на приемлемом уровне (НІср ≤ 1).

Установлено, что при хроническом воздействии веществ, выбрасываемых источниками нефтеперерабатывающего предприятия, основной вклад в формирование патологии вносили сероводород (НҚ до 0,25), углеводороды предельные C₆ — C₁₀ (НҚ до 0,29), бензол (НҚ до 0,20) и керосин (НҚ до 0,72).

Выводы:

1. Методология оценки риска для здоровья населения — важным инструментом, позволяющим оценить потенциальные последствия для здоровья населения новых технологических и технических мероприятий и, как следствие, увеличения мощностей промышленных предприятий.

2. Рост массы выбросов загрязняющих веществ не всегда влечет за собой увеличение рисков для здоровья жителей прилегающих к предприятию жилых территорий, может являться информационной основой снижения социальной напряженности на территориях с высокой производственной нагрузкой, формировать имидж экологически ответственных хозяйствующих субъектов, а также вести диалог с гражданским обществом.

3. Выделение приоритетных химических веществ, которые вносят наибольшие вклады в риски для здоровья, количественная характеристика этих вкладов и уровней риска, позволяют производственным объектам видеть перспективы и ограничения развития, принимать соответствующие решения в части реализации природоохранных или санитарно-гигиенических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авалиани С.А., Балтер Б.М., Ревич Б.А., Фаминская М.В. Системный анализ модельного риска для здоровья населения от загрязнения воздуха нефтеперерабатывающими предприятиями. 1. Выбросы и риски // Ученые записки Российского государственного социального университета (РГСУ). — 2012. — № 3 (103). — С. 120–134.
2. Авалиани С.А., Балтер Б.М., Ревич Б.А., Фаминская М.В. Системный анализ модельного риска для здоровья населения от загрязнения воздуха нефтеперерабатывающими предприятиями. 2. Источники и пространственные факторы // Ученые записки РГСУ. — 2012. — № 3 (103). — С. 135–142.
3. Горяев Д.В., Тихонова И.В. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха и риски для здоровья населения Красноярского края // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 2. — С. 76–83. DOI: 10.21668/health.risk/2016.2.09.
4. Капустин В.М. Проблемы модернизации и реконструкции нефтехимических производств России / В кн.: Современное состояние и перспективы инновационного развития нефтехимии: материалы IX Междунар. научно-практич. конф. — 2016. — С. 8.
5. Кенесариев У.И., Досмухаметов А.Т., Кенесары Д.У., Кенжебаев А.Ф. Оценка риска здоровью населения при воздействии выбросов Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения по данным расчетных и инструментальных исследований // Анализ риска здоровью. — 2013. — № 4. — С. 46–53. DOI: 10.21668/health.risk/2013.4.06.
6. Май И.В., Евдосhenko В.С., Чиркова А.А. Оценка и минимизация риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания в зоне влияния объектов нефтедобычи. // Здоровье населения и среда обитания. — 2012. — № 5. — С. 17–19.
7. Михайлов А.М. Актуальные проблемы развития нефтехимической отрасли России // Транспортное дело России. — 2011. — № 8. — С. 123–125.
8. Онищенко Г.Г. Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения РФ // Анализ риска здоровью. — 2013. — № 1. — С. 4–14. DOI: 10.21668/health.risk/2013.1.01.
9. План развития газо- и нефтехимии России на период до 2030 года, утв. приказом Министерства энергетики РФ от 1.03.2012 г.
10. Стратегия национальной безопасности РФ, утв. Указом Президента РФ от 31.12.2015 г. № 683.
11. Стратегия развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года, утв. приказом Минпромторга России и Минэнерго России от 8.04.2014 г. № 651/172
12. Фазлиева Ю.Н., Сагдеева А.А. Стратегия модернизации нефтехимического комплекса России в контексте использования углеводородного сырья // Вестник Казанского технологического университета. — 2013. — Т. 16. — № 21. — С. 295–297.

REFERENCES

1. Avaliani S.L., Balter B.M., Revich B.A., Faminskaya M.V. System analysis of model risk for public health from air pollution by oil refineries. 1. Emissions and Risks // Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo socialheskoi universiteta. — 2012. — Vol. 103. — 3. — P. 120–134. (in Russian).
2. Avaliani S.L., Balter B.M., Revich B.A., Faminskaya M.V. System analysis of model risk for public health from air pollution by oil refineries. 2. Sources and spatial factors // Scientific notes of the Russian State Social University. — 2012. — Vol. 103. — 3. — P. 135–142. (in Russian).
3. Goryaev D.V., Tikhonova I.V. Hygienic evaluation of ambient air quality and public health risks in Krasnoyarsk area // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 2. — P. 76–83 DOI: 10.21668/health.risk/2016.2.09 (in Russian).
4. Kapustin V.M. Problems of modenization and reconstruction of petrochemical production in Russia / In: Contemporary state and prospects of innovation development of petrochemistry: materials of IX international scientific and practical conference. — 2016. — 8 p. (in Russian).
5. Kenesariyev U.I., Dosmukhametov A.T., Kenesary D.U., Kenzhebaev A.F. Evaluation of public health risk from releases by Karachaganakskiy oil-gas condensate field, according to data of calculations and instrumental studies // Analiz riska zdorov'yu. — 2013. — 4. — P. 46–53. DOI: 10.21668/health.risk/2013.4.06 (in Russian).
6. May I.V., Evdoshenko V.S., Chirkova A.A. Evaluation and minimization of public health risk under exposure to chemicals polluting environment in area influenced by oil extraction objects // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. — 2012. — 5. — P. 17–19 (in Russian).
7. Mikhaylov L.M. Topical problems of petrochemical industry in Russia // Transportnoe delo Rossii. — 2011. — 8. — P. 123–135 (in Russian).
8. Onishchenko G.G. Evaluation and management of health risks as effective instrument of solving problems in sanitary epidemiologic well-being on population in Russian Federation // Analiz riska zdorov'yu. — 2013. — 1. — P. 4–14. DOI: 10.21668/health.risk/2013.1.01 (in Russian).
9. Plan of gas and petrochemical industry development in Russia over a period to 2030, approved by Order of Energy Ministry of Russian Federation on 1 March 2012 (in Russian).
10. Strategy of national security of Russian Federation, approved by Order of RF President on 31 December 2015 N 683 (in Russian).
11. Strategy of chemical and petrochemical complex development over a period to 2030, approved by Order of RF Minpromtorg and Minenergo on 8 April 2014 N 651/172 (in Russian).
12. Fazlieva Yu.N., Sagdeeva A.A. Strategy of petrochemical complex modernization in Russia in context of hydrocarbon stock

usage // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. — 2013. — Vol 16. — 21. — P. 295–297 (in Russian).

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Май Ирина Владиславовна (May I.V.),

зам. дир. по науч. раб. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р биол. наук. E-mail: may@fcrisk.ru.

Клейн Светлана Владиславовна (Kleyn S.V.),

зав. отд. соц.-гигиенич. мониторинга ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», доц. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, канд. мед. наук. E-mail: Kleyn@fcrisk.ru.

Вековишина Светлана Анатольевна (Vekovshina S.A.),

зав. лаб. методов оценки соответствия и потребительских экспертиз ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: veksa@fcrisk.ru.

УДК 613.64:616.717-057

Долгих О.В.^{1,2,3}, Старкова К.Г.¹, Кривцов А.В.¹, Бубнова О.А.¹, Дианова Д.Г.¹, Отавина Е.А.¹, Гусельников М.А.¹

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО СТАТУСА РАБОТАЮЩИХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА

¹ ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, г. Пермь, Россия, 614015

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

³ ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», пр-т Комсомольский, 29, Пермь, Россия, 614990

Обследование работающих на производстве фталевого ангидрида выявило достоверные по отношению к норме и группе сравнения изменения показателей иммунорегуляции: снижение фагоцитарной активности по критерию «относительный фагоцитоз», дефицит сывороточных иммуноглобулинов IgG, гиперпродукция специфических антител IgE к фталевому ангидриду (по его метаболиту фталевой кислоте). Установлено достоверное по отношению к группе сравнения снижение экспрессии CD95 T-клеточных рецепторов, а также нарушение процесса запуска и регуляции апоптоза через изменение экспрессии TNFRI (гиперпродукция) ($p < 0,05$). Установлены повышенная продукция внутриклеточных регуляторных белков bcl-2 и Bax, а также дефицит транскрипционного фактора p53, достоверно измененные по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). Полученные результаты указывают на ключевые особенности иммунной регуляции у работающих на производстве фталевого ангидрида, проявляющиеся активацией процессов естественной клеточной гибели иммуноцитов и специфической сенсibilизацией к фталевому ангидриду.

Ключевые слова: фталевый ангидрид; фагоцитоз; иммуноглобулины; CD-маркеры; апоптоз

Dolgikh O.V.^{1,2,3}, Starkova K.G.¹, Krivtsov A.V.¹, Bubnova O.A.¹, Dianova D.G.¹, Otavina E.A.¹, Guselnikov M.A.¹
Immune state features of workers engaged into phthalic anhydride production

¹ Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Monastyrskaya Str., 82, Perm, Russia, 614015

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

³ Perm State National Research Polytechnical University, Komsomolsky Pr., 29, Perm, Russia, 614990

Examination of workers engaged into phthalic anhydride production revealed reliable changes of immune regulation parameters (if compared to normal and reference group values): decreased phagocytic activity according to "relative phagocytosis" criterion, deficit of serum IgG, hyperproduction of specific IgE antibodies to phthalic anhydride (by its metabolite — phthalic acid). Findings are reliable (if compared to the reference group) decrease of CD95 T-cell receptors expression, disordered launch and regulation of apoptosis via changed expression of TNFRI (hyperproduction) ($p < 0,05$). Findings also included increase intracellular regulatory proteins bcl-2 and Bax production, deficiency of transcription

factor p53, reliably changed in comparison with the reference group ($p < 0,05$). The results obtained demonstrate key features of immune regulation in workers engaged into phthalic anhydride production — activated processes of natural cellular death of immunocytes and specific sensibilization to phthalic anhydride.

Key words: *phthalic anhydride; phagocytosis; immunoglobulines; CD-markers; apoptosis*

Качество производственной среды является ведущим фактором, определяющим состояние здоровья трудоспособного населения, при этом к важнейшим направлениям по снижению риска развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний относится своевременное проведение профилактических мероприятий на основе научно разработанных подходов оценки адаптационных возможностей организма [2,4,6]. Фталевый ангидрид является важным полупродуктом в производстве алкидных и полиэфирных смол, пластификаторов для поливинилхлорида и других полимеров в синтезе красителей. При производстве фталевого ангидрида вредны непредельные соединения, выделяемые в воздух рабочей зоны, а также индол и бензонитрил. Эти вещества токсично воздействуют в первую очередь на иммунную систему.

Функциональное состояние физиологических механизмов устойчивости в условиях неблагоприятного воздействия производственного окружения определяет вероятность развития патологических изменений, выявление которых на ранних стадиях формирования становится возможным в результате разработки и использования комплекса специфических маркерных критериев, адекватно отражающих и состояние системы иммунной реактивности [5,8]. Высокая чувствительность компонентов иммунного механизма регуляции гомеостаза позволяет использовать их в качестве индикаторов состояния здоровья, своевременно идентифицировать развитие возможных нарушений иммунной системы и эффективно реализовывать лечебно-профилактические мероприятия [1,3,7].

Цель работы: анализ особенностей изменения иммунных показателей у работающих на производстве фталевого ангидрида.

Материалы и методы. Выполнено обследование 65 мужчин, работающих на химическом производстве фталевого ангидрида, занятых на рабочих местах аппарата окисления, аппарата чешуирования, аппарата абсорбции, аппарата осаждения, аппарата конденсации, аппарата производства химических реактивов, аппарата подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции — основных профессий, связанных с воздействием воздуха производственной зоны. При этом группа сравнения представлена 39 мужчинами из административного управления предприятия, условия работы которых находились вне воздействия исследуемых производственных факторов. Группы были сопоставимы по полу, возрасту и стажу.

Исследование содержания фталевой кислоты в пробах крови работающих проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в соответствии с МУК 4.1.2772–10 на жидкостном хро-

матографе Agilent 1200 (США) с диодно-матричным детектором.

Определение фагоцитарной активности выполняли с использованием в качестве объекта фагоцитоза формализированных эритроцитов барана. Продукцию сывороточных иммуноглобулинов классов А, М и G (IgA, IgM и IgG) оценивали методом радиальной иммунодиффузии по Манчини. Содержание IgE общего исследовали методом иммуноферментного анализа с использованием тест-систем «Хема-Медика» (Россия) на анализаторе Elx808 (США), специфические антитела к фталевому ангидриду по его метаболиту фталевой кислоте (IgE к фталевому ангидриду) — методом аллергосорбентного тестирования с ферментной меткой.

Фенотипирование популяций и субпопуляций лимфоцитов по CD-маркерам (CD16⁺56⁺, CD19⁺, CD3⁺, CD3⁺CD4⁺, CD3⁺CD8⁺, CD3⁺CD25⁺, CD3⁺CD95⁺) осуществлялось методом мембранной иммуофлюоресценции на проточном цитофлуориметре FACSCalibur BD (США) с помощью универсальной программы CellQuest. Pro, использовались панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам («Becton Dickinson», США), суммарно регистрируя не менее 10 тыс. событий.

Уровень экспрессии рецептора к фактору некроза опухоли- α 1-го типа (TNFRI), транскрипционного фактора p53, регуляторных белков bcl-2 и Bax оценивался с применением соответствующих моноклональных антител («Becton Coulter», США) цитофлуориметрическим методом.

Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики, рассчитывая среднее арифметическое и его стандартную ошибку ($M \pm m$) и t-критерий Стьюдента для сравнения групп по количественным признакам в пакете статистического анализа Statistica 6.0 (StatSoft, США). Для выявления зависимостей «маркер экспозиции — маркер эффекта» между признаками использовался метод корреляционно-регрессионного анализа на основе критерия Фишера и коэффициента детерминации (R^2). Различия между группами считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования. На производстве фталевого ангидрида организм работников подвергается воздействию комплекса вредных производственных факторов, включающих химические вещества, шум, тяжесть и напряженность трудового процесса. Химический фактор представлен комплексом вредных веществ 2- и 3-го классов опасности, таких как фталевый ангидрид, обладающим общетоксическим, раздражающим и sensibiliziruyushim воздействием на организм человека. При этом согласно Руководству Р 2.2.2006–05 условия труда работающих основной группы относят-

ся к классам 3.2–3.3 по показателю вредности и опасности производственной среды.

Исследование содержания вредных веществ на рабочих местах производства фталевого ангидрида показало превышение установленных нормативов предельно допустимых концентраций. В воздухе рабочей зоны обнаружено присутствие фталевого ангидрида на уровне 2,2–6,3 мг/м³ при ПДК 1,0 мг/м³.

Одновременно в результате определения содержания контаминантов в крови работающих группы наблюдения установлено значительное превышение показателей группы сравнения по концентрации фталевого ангидрида в среднем в 3,2 раза (группа наблюдения 0,102±0,023 мг/дм³, группа сравнения 0,032±0,013 мг/дм³; $p<0,05$).

Клинико-лабораторное обследование работающих основной группы выявило изменения функциональной активности системы иммунной регуляции. Установлено снижение фагоцитарного звена (табл. 1) по показателю «процент фагоцитоза» по сравнению с референтным диапазоном в 35,3% случаев. Различия достоверны по критерию кратности превышения нормы ($p<0,05$). Применение математического моделирования и анализа отношения шансов изменения показателей фагоцитоза при возрастании concentra-

ции контаминантов в биологических средах позволило установить достоверное снижение относительного фагоцитоза и фагоцитарного числа при увеличении концентрации фталевой кислоты и о-ксилола в крови ($R^2=0,33-0,39$; $p<0,05$), а также повышение абсолютного фагоцитоза и фагоцитарного индекса при увеличении концентрации фумаровой кислоты и о-ксилола в крови ($R^2=0,57-0,67$; $p<0,05$).

Установлено, что содержание сывороточных иммуноглобулинов соответствовало диапазону физиологической нормы кроме достоверного уменьшения уровня IgG, концентрация которого была снижена у 27,9% работающих. Различия достоверны по кратностям превышения нормы ($p>0,05$). Повышаются шансы снижения содержания IgM и IgA при увеличении концентрации фталевой кислоты и о-ксилола в крови ($R^2=0,14-0,17$; $p<0,05$).

Кроме того, у 13,5% обследованных выявлено повышение уровня общей сенсibilизации относительно физиологической нормы по критерию содержания IgE общего (табл. 1). Возрастает вероятность повышения концентрации IgE общего при увеличении содержания фталевой кислоты в крови ($R^2=0,66$; $p<0,05$). В то же время отмечено достоверное повышение показателя специфической сенсibilизации к фталевому анги-

Таблица 1

Показатели иммунитета у работающих на производстве фталевого ангидрида

Показатель	Референтный интервал	Группа сравнения	Группа наблюдения
Абсолютный фагоцитоз, 10 ⁹ /дм ³	0,964–2,988	2,311±0,296	2,293±0,287
Процент фагоцитоза, %	35–60	44,375±3,934	41,235±2,95
Фагоцитарное число, усл.ед.	0,8–1,2	0,867±0,121	0,784±0,097
Фагоцитарный индекс, усл.ед.	1,5–2	1,888±0,122	1,83±0,081
IgG, г/дм ³	10–18	10,755±0,691	10,873±0,373
IgM, г/дм ³	1,1–2,5	1,439±0,109	1,505±0,114
IgA, г/дм ³	1,1–3	2,003±0,194	1,871±0,17
IgE общий, МЕ/см ³	0–149,9	104,13±72,669	77,418±34,482
IgE специфический к фталевому ангидриду, МЕ/см ³	0–0,1	0,136±0,037	0,211±0,046*/**

Примечания (здесь и в табл. 2): * — разница достоверна относительно группы сравнения ($p<0,05$); ** — разница достоверна относительно референтного интервала ($p<0,05$).

Таблица 2

Особенности CD-иммунограммы и маркеров апоптоза у работающих на производстве фталевого ангидрида

Показатель, %	Референтный интервал	Группа сравнения	Группа наблюдения
CD16 ⁺ 56 ⁺ лимфоциты	5–27	17,643±5,499	15,812±3,984
CD19 ⁺ лимфоциты	6–25	10,0±1,086	11,688±1,529
CD3 ⁺ лимфоциты	55–84	69,571±5,683	70,062±3,627
CD3 ⁺ CD8 ⁺ лимфоциты	13–41	24,571±4,043	26,438±5,427
CD3 ⁺ CD4 ⁺ лимфоциты	31–60	43,0±4,007	41,375±4,876
CD3 ⁺ CD25 ⁺ лимфоциты	13–24	13,714±1,664	15,571±4,495
CD3 ⁺ CD95 ⁺ лимфоциты	39–49	38,143±8,382	25,71±3,365*/**
TNFR1 ⁺	1–1,5	1,54±0,149	3,687±1,312*/**
p53	1,2–1,8	1,72±0,154	1,36±0,221*
Bax	5–9	3,927±1,981	9,224±2,057*
bcl-2	1–1,5	0,326±0,086	2,216±1,204*

ариду (по его метаболиту фталевой кислоте) относительно референтного диапазона в 61,8% проб. Также содержание специфических IgE антител превосходило показатели группы сравнения, в среднем в 1,6 раза ($p < 0,05$).

Результаты иммунологического исследования показали отсутствие достоверных изменений параметров CD-иммуограммы (табл. 2) за исключением снижения относительного содержания маркера CD95+ по сравнению с референтным уровнем у 100% работающих, а также показателями группы сравнения с кратностью снижения в среднем в 1,5 раза ($p < 0,05$).

При оценке отношения шансов изменение CD-маркеров при возрастании концентрации контаминантов в биосредах показало достоверное повышение CD16⁺-лимфоцитов при увеличении концентрации фталевой кислоты в крови ($R^2=0,70$; $p < 0,05$).

Выявлены тенденции к нарушению запуска и регуляции процесса апоптоза у работающих основной группы (табл. 2). В условиях снижения экспрессии Fas-рецептора (CD95+) отмечено повышение количества TNFR⁺-клеток как относительно референтного уровня (у 85,7% обследованных), так и показателей группы сравнения в 2,4 раза ($p < 0,05$). Кроме того, показано повышение содержания регулирующих апоптоз белков Вах и bcl-2 по сравнению с контрольными значениями в 2,3 и 6,8 раза соответственно ($p < 0,05$). Выявлено достоверное снижение экспрессии антионкогенного транскрипционного фактора p53 в 1,3 раза ($p < 0,05$), также играющего важную роль в активации процесса апоптоза.

Выводы:

1. По результатам проведенного иммунологического обследования работающих на химическом производстве фталевого ангидрида выявлены функциональные изменения маркерных показателей иммунной регуляции.

2. Изменения маркированных показателей проявились в снижении фагоцитарной активности, разнонаправленности экспрессии T-клеточных рецепторов (CD95+, TNFR⁺) в сочетании с нарушением процесса запуска и регуляции апоптоза (повышение содержания апоптозрегулирующих белков Вах и bcl-2 и дефицит транскрипционного фактора p53) на фоне повышения показателей специфической сенсибилизации к фталевому ангидриду по его метаболиту фталевой кислоте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 7,8)

1. Долгих О.В., Кривцов А.В., Бубнова О.А. Иммуногенетические показатели у работающих в условиях сочетанного воздействия пыли и производственного шума // Росс. иммунологич. ж-л. — 2015. — Т. 9(18). — № 2(1). — С. 551–553.
2. Измеров Н.Ф. Современные проблемы медицины труда // Здравоохранение РФ. 2013. — № 2. — С. 14–17.
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. 14–26. DOI: 10.21668/health.risk/2013.2.02. (in Russian).

4. Ланин Д.В., Долгих О.В. Воздействие химических производственных факторов на иммунный статус женщин репродуктивного возраста // Вестник уральской мед. академич. науки. — 2011. — 2/2 (35). — С. 93–94.

5. Старкова К.Г., Долгих О.В., Кривцов А.В. [и др.]. Иммунные и генетические маркеры, выявляемые у женщин, работающих на производстве резинотехнических изделий // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — № 12. — С. 10–13.

6. Халимов Ю.Ш., Сухонос Ю.А., Цепкова Г.А. [и др.]. Состояние иммунной системы и качество жизни персонала, работающего в условиях воздействия вредных производственных факторов // Вестник Росс. военно-мед. акад. — 2016. — № 2 (46). — С. 7–12.

REFERENCES

1. Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Bubnova O.A. Immune parameters in workers exposed to combined effects of dust and occupational noise // Rossiyskiy immunologicheskii zhurnal. — 2015. — Vol 9 (18). — 2 (1). — P. 551–553 (in Russian).
2. Izmerov N.F. Contemporary problems of occupational medicine // Zdravookhranenie RF. — 2013. — 2. — P. 14–17 (in Russian).
3. Zaytseva N.V., May I.V., Kleyn S.V. On identification and proof of public health harm diagnosed unacceptable risk due to environmental factors // Analiz riska zdorov'yu. — 2013. — 2. — P. 14–26. DOI: 10.21668/health.risk/2013.2.02 (in Russian).
4. Lanin D.V., Dolgikh O.V. Influence of chemical occupational factors on immune state of reproductive age women // Vestnik ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki. — 2011. — 2/2 (35). — P. 93–94 (in Russian).
5. Starkova K.G., Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., et al. Immune and genetic markers revealed in women engaged into technical rubber goods production // Industrial medicine. — 2015. — 12. — P. 10–13 (in Russian).
6. Khalimov Yu.Sh., Sukhonos Yu.A., Tsepikova G.A., et al. State of immune system and life quality of personnel exposed to occupational hazards // Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii. — 2016. — 2 (46). — P. 7–12 (in Russian).
7. Basketter D.A., Kimber I. Phthalic anhydride: Illustrating a conundrum in chemical allergy // J of Immunotoxicology. — 2016. — Vol. 13. — 6. — P. 1–3.
8. Duramad P., Holland N.T. Biomarkers of Immunotoxicity for Environmental and Public Health Research // International J of Environmental Research and Public Health. — 2011. — Vol. 8. — 5. — P. 1388–1401.

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Долгих Олег Владимирович (Dolgikh O.V.),
зав. отд. иммунобиол. методов диагн. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безоп. жизнедеятельности Пермского гос. национального исследовательского ун-та, проф. каф. охраны окружающей среды

Пермского национального исследовательского политехнического ун-та, д-р мед. наук, проф. E-mail: oleg@fcrisk.ru.
 Старкова Ксения Геннадьевна (Starkova K.G.),
 зав. лаб. иммунологии и аллергологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения», канд. биол. наук. E-mail: skg@fcrisk.ru
 Кривцов Александр Владимирович (Krivtsov A.V.),
 зав. лаб. иммуногенетики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения», канд. мед. наук. E-mail: krivtsov@fcrisk.ru.
 Бубнова Ольга Алексеевна (Bubnova O.A.),
 мл. науч. сотр. отдела иммунобиологических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения». E-mail: oleg@fcrisk.ru.

Дианова Дина Гумеровна (Dianova D.G.),
 ст. науч. сотр. лаб. клеточных методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения», канд. мед. наук. E-mail: dianovadina@rambler.ru.
 Отавина Елена Алексеевна (Otavina E.A.),
 мл. науч. сотр. отдела иммунобиологических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения». E-mail: oleg@fcrisk.ru.
 Гусельников Максим Анатольевич (Guselnikov M.A.),
 лаб.-исслед. отдела иммунобиол. методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения». E-mail: guselnikov@fcrisk.ru.

УДК 613.64:616.717-057

Старкова К.Г.¹, Долгих О.В.^{1,2,3}, Кривцов А.В.¹, Бубнова О.А.^{1,2}, Дианова Д.Г.¹, Отавина Е.А.¹, Никоношина Н.А.²

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТНИКОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ, АССОЦИИРОВАННОЙ С ВОЗРАСТОМ (НА ПРИМЕРЕ ТИТАНО-МАГНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА)

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

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

³ ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», пр-т Комсомольский, 29,
 Пермь, Россия, 614990

Актуальность исследования определяется важностью выделения маркерных генетических показателей, которые могут быть использованы в качестве индикаторов развития артериальной гипертензии (АГ) в зависимости от возраста работников титано-магниевого производства. Анализ частоты однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) участков 20 кандидатных генов проведен с использованием полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с оценкой результатов методом аллельной дискриминации. Установлено, что возраст старше 40 лет является модификатором, статистически достоверно ($p < 0,05$) влияющим на развитие заболевания в данной выборке без учета генетического фона ($OR = 3,781$). Установлены аллельные варианты 1-й и 2-й фазы детоксикации, нервной регуляции и углеводного обмена — *ANKK* (rs1800497), *SULT1A1* (rs9282861), *NR3C1* (rs6195) и *CYP1A1* (rs1048943), наиболее часто встречающиеся при АГ. Установленная причинно — следственная связь АГ работников с возрастом старше 40 лет, является достоверно значимой у гетерозигот по генам *ANKK* ($OR = 10,357$) и *SULT1A1* ($OR = 6,462$), также у гомозигот дикого типа по генам *NR3C1* ($OR = 4,444$) и *CYP1A1* ($OR = 5,556$). Вариантные аллели кандидатных генов *ANKK* (rs1800497), *SULT1A1* (rs9282861), *NR3C1* (rs6195), *CYP1A1* (rs1048943) характеризуют особенности развития АГ, ассоциированной с возрастом работников магниевого производства, и рекомендуются к использованию в качестве маркерных показателей для принятия решений по снижению воздействия на здоровье вредных условий труда.

Ключевые слова: вредные условия труда; полиморфизм гена рецептора дофамина; полиморфизм гена фенолсульфотрансферазы; полиморфизм гена цитохрома; полиморфизм гена рецептора глюкокортикоидов

Starkova K.G.¹, Dolgikh O.V.^{1,2,3}, Krivtsov A.V.¹, Bubnova O.A.^{1,2}, Dianova D.G.¹, Otavina E.A.¹, Nikonoshina N.A.²
Genetic features of workers with age-related arterial hypertension (exemplified by titanium magnesium production)

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

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

³ Perm State National Research Polytechnical University, 29 Komsomolsky Pr., Perm, Russia, 614990

Topicality of the study is based on importance of genetic markers isolation to use them as indicators of arterial hypertension development in accordance with age of titanium manganese production workers. Analysis of single-nucleotide polymorphisms frequency in sites of 20 candidate genes was done with real-time polymerase chain reaction, with results assessment by allele discrimination method. Findings are that age over 40 is a modifier that has statistically significant ($p < 0,05$) influence on disease development in the sample without genetic background consideration ($OR = 3,781$). Allele variants of 1st and 2nd phases of detoxification, nervous regulation and carbohydrate metabolism were specified — ANKK (rs1800497), SULT1A1 (rs9282861), NR3C1 (rs6195) and CYP1A1 (rs1048943) — most frequent in arterial hypertension. The cause-effect relationship between arterial hypertension and age over 40 is reliably significant in heterozygotes in ANKK ($OR = 10,357$) and SULT1A1 ($OR = 6,462$) genes, and in homozygotes of wild type in NR3C1 ($OR = 4,444$) and CYP1A1 ($OR = 5,556$). Variant alleles of candidate genes ANKK (rs1800497), SULT1A1 (rs9282861), NR3C1 (rs6195), CYP1A1 (rs1048943) characterize features of arterial hypertension development, if associated with age of magnesium production workers, and are recommended as markers for decisions on lower exposure to hazardous work conditions.

Key words: hazardous work conditions; polymorphism of dopamine gene receptor; polymorphism of phenol sulfotransferase gene; polymorphism of cytochrome gene; polymorphism of glucocorticoids receptor gene

Введение. АГ в настоящее время остается одной из значимых медико-социальных проблем и является важнейшим фактором риска основных сердечно-сосудистых заболеваний — инфаркта миокарда и инсульта, определяющих высокую инвалидизацию и смертность не только в России, но и во всем мире [1,3,18]. Научной концепцией предупреждения сердечно-сосудистых заболеваний является профилактика факторов риска. Основными факторами риска патогенеза артериальной гипертензии являются возраст, ожирение, дислипидемия, курение, средовые факторы, низкая физическая активность, злоупотребление алкоголем, сахарный диабет, нарушения функции эндотелия, гипергомоцистеинемия, гиперкоагуляция и оксидативный стресс [14,16]. Особое место среди факторов риска патогенеза артериальной гипертензии занимают генетические детерминанты. Спектр генов-кандидатов, принимающих участие в реализации артериальной гипертензии, достаточно широк и включает группы генов, контролирующих различные метаболические и гомеостатические системы. Но генетическая предрасположенность к артериальной гипертензии реализуется во взаимодействии с факторами (в том числе окружающей и производственной среды и случайными причинами). Поэтому признается мультифакториальная природа артериальной гипертензии, причем артериальное давление является комплексным генетически запрограммированным качеством, наследуемость которого достигает 30–50% [2,4,7,9,17]. В результате проведенных полногеномных ассоциативных исследований в различных популяциях было изучено более 160 генов-кандидатов, связанных с артериальным давлением и гипертензией, но результаты этих работ противоречивы [6,10,13]. Одной из основных причин несоответствия результатов этих исследований могут быть различное соотношение и состав средовых модификаторов, которые взаимодействуют с генетическим фоном и тем самым влияют на артериальное давление.

Цель исследования: провести оценку генетических особенностей развития артериальной гипертензии у работников титано-магниевого производства, ассоциированной с их возрастом.

Материалы и методы. Всего было обследовано 49 мужчин — работников магниевого производства. Условия труда на рабочих местах исследуемой группы согласно Руководству Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» оценены как вредные (класс условий труда 3.1–3.3). В соответствии с ГОСТ 12.0.003–74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» на работников магниевого производства (хлораторщик и электролизник расплавленных солей) воздействуют следующие вредные производственные факторы: физические (шум, вибрация), химические (хлор, гидроклорид, диоксид серы) и психофизиологические. Для анализа патогенеза артериальной гипертензии были использованы данные обследуемых об их возрасте, стаже работы в данной отрасли промышленности, наличии вредных привычек (курение) и абдоминального ожирения как возможных факторов риска для развития данного заболевания.

Генетический материал был выделен из периферической крови сорбентным методом, 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 которой лежит реакция амплификации и детекция продуктов этой реакции в режиме реального времени с помощью флуоресцентных меток, предварительно пометив используемые для реакции амплификации праймеры. Для одновременной детекции нескольких продуктов реакции применяются разные флуоресцентные метки и зонды (мультиплексная ПЦР). В качестве праймеров использовался участок ДНК генов сосуди-

стных факторов: *ApoE* (rs429358), *eNOS* (rs1799983), *VEGF* (rs2010963); генов нервно-гуморальной регуляции: *ANKK* (rs1800497), *NR3C1* (rs6195); генов метаболизма углеводов и липидов: *PPARA* (rs4253778), *PPARG* (rs1801282), *PPARGC1A* (rs8192678), *HTR2A* (rs7997012); генов первой и второй фаз детоксикации: *CPOX* (rs1131857), *CYP1A1* (rs1048943), *CYP1A1_3* (rs4646421), *MMP9* (rs17576), *MTHFR* (rs1801133), *SULT1A1* (rs9282861); а также генов циркадности биоритмов *PER2* (rs643159), сиртуина *SIRT* (rs7069102), онкосупрессора *TP53_1* (rs1042522) и *TP53_2* (rs17884159) и рецептора эстрогена *ESR* (rs2228480). 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.

Статистический анализ проведен с использованием пакета программ Microsoft Office. Для выявления влияния фактора на ответ организма, а именно, на развитие артериальной гипертензии, был рассчитан показатель отношения шансов OR для всех возможных комбинаций генотипов и действующих факторов. При значениях $OR > 1$ принималась гипотеза о влиянии фактора на ответ. Достоверность связи между действием фактора и ответом организма считалась значимой при $p < 0,05$ [5].

Результаты и их обсуждение. На рабочих местах хлораторщика концентрация гидрохлорида составила $9,0 \text{ мг/м}^3$ (при ПДК $5,0 \text{ мг/м}^3$), хлора — $6,0 \text{ мг/м}^3$ (ПДК $1,0 \text{ мг/м}^3$; превышение на 5 мг/м^3). Комбинация веществ (хлор и гидрохлорид) превысила единицу и составила 7,8 (класс условий труда (КУТ) 3.3). Уровень производственного шума составил 76 дБА при ПДУ 80 дБА. Тяжесть трудового процесса соответствует вредному классу 1 степени вредности (КУТ 3.1). На рабочих местах электролизника расплавленных солей концентрация гидрохлорида составила $2,0 \text{ мг/м}^3$ (ПДК

$5,0 \text{ мг/м}^3$), хлора — $1,0 \text{ мг/м}^3$ (ПДК $1,0 \text{ мг/м}^3$). Комбинация веществ (хлор и гидрохлорид) превысила единицу и составила 1,4 (КУТ 3.1). Уровень шума на рабочих местах электролизника расплавленных солей не превышает ПДУ (80 дБА) и составляет 78 дБА. Тяжесть трудового процесса электролизника расплавленных солей соответствует классу условий труда 3.1.

Установлено, что возраст старше 40 лет статистически достоверно ($p < 0,05$) влияет на патогенез АГ у работников магниевого производства ($OR = 3,781$). Также выявлена связь развития артериальной гипертензии со стажем работы в данной отрасли более 10 лет и курением, но она не является статистически значимой ($p > 0,05$). С возрастом происходит снижение эластичности стенки сосудов за счет увеличения содержания коллагена и накопления кальция, что приводит к повышению артериального давления [11]. Значение показателя отношения шансов ($OR = 3,781$), а, следовательно, и риск патогенеза артериальной гипертензии возрастает при сочетании старшего возраста с некоторыми генотипами (таблица).

Группу повышенного риска составляют минорные гомозиготы по гену цитохрома P450 *CYP1A1_3* ($OR = 5,438$), гетерозиготы по генам рецепторов активации пролиферации пероксисом *PPARG* ($OR = 7,733$) и *PPARGC1A* ($OR = 4,154$), гомозиготы дикого типа по гену эндотелиальной NO-синтазы *eNOS* ($OR = 6,461$).

Связь патогенеза артериальной гипертензии у хлораторщиков и электролизников расплавленных солей с возрастом старше 40 лет является достоверно значимой ($p < 0,05$) у гетерозигот по генам рецептора дофамина *ANKK* ($OR = 10,357$). В результате длительной стрессовой нагрузки, физического перенапряжения рецепторы дофамина D2 блокируют передачу сигналов в симпатических ганглиях, подавляют секрецию норадреналина в симпатических нервных окончаниях и мозговом слое надпочечников, а также снижают секрецию альдостерона в корковом слое надпочечников.

Таблица

Показатели OR для выявления связи возраста старше 40 лет и полиморфизма генов-кандидатов с артериальной гипертензией

Ген	Генотип			Ген	Генотип		
	гомозиготы дикого типа	гетерозиготы	вариантные гомозиготы		гомозиготы дикого типа	гетерозиготы	вариантные гомозиготы
<i>ApoE</i>	2,333	3,733	0	<i>MMP9</i>	1,733	2,321	0
<i>eNOS</i>	6,462	1,429	0	<i>SULT1A1</i>	1,733	6,462*	0,778
<i>VEGF</i>	2,308	2,400	0	<i>CYP1A1</i>	5,556*	0,500	0
<i>ANKK</i>	1,517	10,357*	0	<i>CYP1A1_3</i>	3	1,059	5,438
<i>HTR2A</i>	3,418	0	0,876	<i>MTHFR</i>	1,333	3,214	0
<i>PPARA</i>	2,917	2,400	0	<i>ESR</i>	1,786	3,733	3,412
<i>PPARG</i>	1,846	7,733	1,611	<i>SIRT</i>	1,647	0,778	2,321
<i>PPARGC1A</i>	1,219	4,154	0	<i>PER2</i>	3,412	1,733	3,214
<i>NR3C1</i>	4,444*	0,778	0	<i>TP53_1</i>	3,214	1,333	0
<i>CPOX</i>	3,636	1,688	0	<i>TP53_2</i>	2,475	0	0

* — связь сочетания фактора и генотипа с ответом организма достоверно значима ($p < 0,05$).

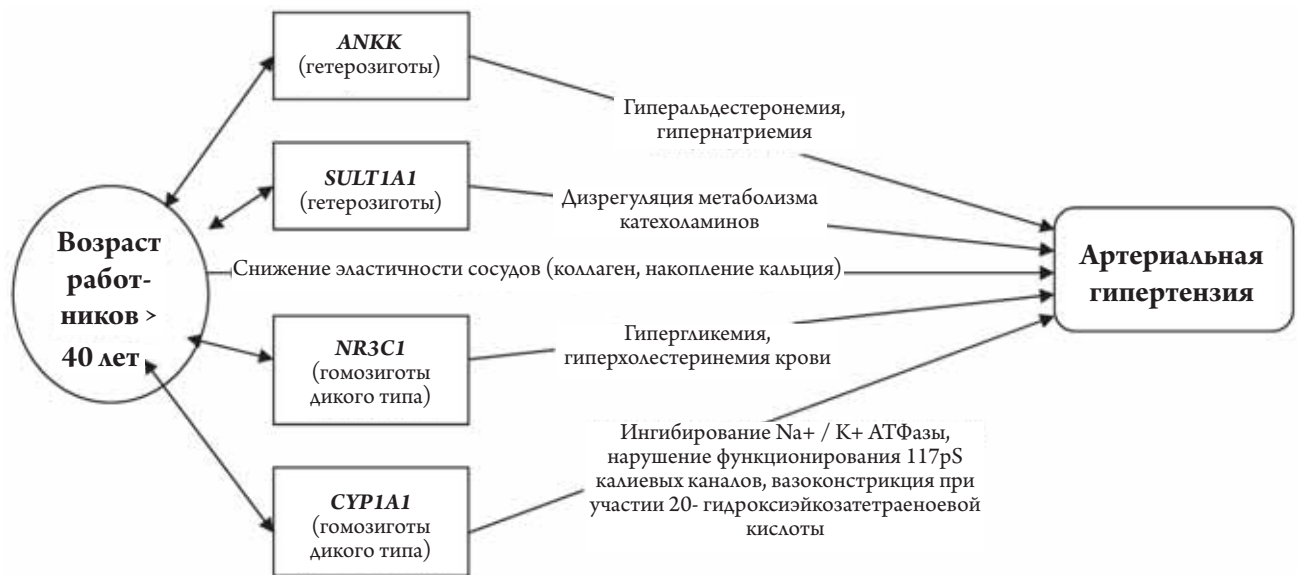


Рис. Патогенетическая схема развития АГ, ассоциированная с возрастом работников магниевого производства

Литературные данные подтверждают, что минорные Т/Т гомозиготы по гену *DRD2/ANKK1* предрасположены к повышенному уровню систолического и диастолического артериального давления независимо от ожирения, эндокринных нарушений и других факторов [16].

Установлена достоверная причинно-следственная связь возникновения артериальной гипертензии у хлораторщиков и электролизников расплавленных солей в возрасте старше 40 лет у гетерозигот по гену фенолсульфотрансферазы *SULT1A1* ($OR=6,462$). Наличие в генотипе минорной аллели *SULT1A1* приводит к нарушению функционирования фермента дисрегуляции метаболизма и выведения из организма катехоламинов (рисунок) [8].

Отмечается достоверная связь развития АГ ($p<0,05$) у хлораторщиков и электролизников расплавленных солей старше 40 лет, имеющих гомозиготу дикого типа по генам рецептора глюкокортикоидов *NR3C1* ($OR=4,444$) и цитохрома P450 *CYP1A1* ($OR=5,556$). У гомозигот дикого типа по генам рецептора глюкокортикоидов *NR3C1* наблюдается гипергликемия и гиперхолестеринемия крови, повышение чувствительности миокарда к катехоламинам, повышение реабсорбции натрия и задержка жидкости вследствие активности минералокортикоидов. В тоже время продукт экспрессии гена *CYP1A1* — ариуглеводородкарбоксилаза — играет важную роль в детоксикации экзогенных соединений, которые увеличивают развитие атеросклеротических процессов, и в метаболизме арахидоновой кислоты. Образующаяся 20-гидроксизикозатетраеновая кислота участвует в регуляции функционирования сосудистых гладкомышечных клеток, сердечной деятельности и сосудистого тонуса. Она ингибирует Na^+ / K^+ АТФазную активность в клетках мозгового слоя почек, что приводит к деполаризации мембран, повышению концентрации

ионов кальция в гладкомышечных клетках сосудов, нарушению функционирования 117pS калиевых каналов и вазоконстрикции. [12,15].

Выводы:

1. Возраст старше 40 лет является модификатором, статистически достоверно ($p<0,05$) влияющим на развитие заболевания у хлораторщиков и электролизников расплавленных солей титано-магниевого производства без учета генетического фона ($OR=3,781$).

2. Мультифакториальность природы артериальной гипертензии у работников магниевого производства подтверждается тем, что частота возникновения патологии увеличивается у работников, несущих некоторые варианты генотипы.

3. Возрастные работники магниевого производства (хлораторщики и электролизники расплавленных солей в возрасте старше 40 лет), имеющие сочетание дикого гомозиготного генотипа по генам углеводного обмена и 1-й фазы детоксикации — *NR3C1* (*rs6195*), *CYP1A1* (*rs1048943*) и гетерозиготы генов нервной регуляции и 2-й фазы детоксикации — *ANKK* (*rs1800497*), *SULT1A1* (*rs928286*) характеризуются достоверно значимой связью артериальной гипертензии с возрастом ($OR=4,444-10,357$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 4–18)

1. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Деев А.Д., Константинов В.В. и др. Артериальная гипертензия среди мужчин и женщин Москвы в различные временные периоды // Артериальная гипертензия. — 2013. — Т. 19, №2. — С. 102–108.
2. Долгих О.В., Кривцов А.В., Старкова К.Г., Бубнова О.А. и др. Иммуно-генетические изменения у работающих в условиях сочетанного воздействия производственного шума и пыли // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — № 12. — С. 21–25
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. К вопросу установления и доказательства вреда здоровью населения при выявле-

нии неприемлемого риска, обусловленного факторами среды обитания // Анализ риска здоровью. — 2013. — № 2. — С. 14–26. DOI: 10.21668/health.risk/2013.2.02

REFERENCES

1. Balanova Yu.A., Shal'nova S.A., Deev A.D., Konstantinov V.V., et al. Arterial hypertension among males and females in Moscow during various time periods // Arterial'naya gipertenziya. — 2013. — Vol. 19. — 2. — P. 102–108 (in Russian).
2. Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Starkova K.G., Bubnova O.A. Immune genetic changes in workers exposed to combined effects of occupational noise and dust // Industr. med. — 2015. — 12. — P. 21–25 (in Russian).
3. Zaytseva N.V., May I.V., Kleyn S.V. On identification and proof of public health harm diagnosed unacceptable risk due to environmental factors // Analiz riska zdorov'yu. — 2013. — 2. — P. 14–26. DOI: 10.21668/health.risk/2013.2.02 (in Russian).
4. Biino G., Parati G., Concas M.P., Adamo M., Angius A., Vaccargiu S., Pirastu M. Environmental and genetic contribution to hypertension prevalence: data from an epidemiological survey on Sardinian genetic isolates // PloS one. — 2013. — Vol. 8. — 3. — P. 1–8.
5. Bland J.M., Altman D.G. The odds ratio // British Medical Journal. — 2000. — Vol. 320. — 7247. — P. 1468–1468.
6. Carroll M.A., Sala A., Dunn C.E., McGiff J.C., Murphy R.C. Structural identification of cytochrome P450-dependent arachidonate metabolites formed by rabbit medullary thick ascending limb cells // The Journal of Biological Chemistry. — 1991. — Vol. 266. — 19. — P. 12306–12312.
7. Dolgikh O., Zaitseva N., Dianova D., Krivtsov A. Molecular markers of apoptosis in industrial workers // International Journal of Experimental and Clinical Pathophysiology and Drug Research. — 2011. — Vol. 25. — 3. — P. 523–524.
8. Eagle K. Toxicological effects of red wine, orange juice, and other dietary SULT1A inhibitors via excess catecholamines // Food and Chemical Toxicology. — 2012. — Vol. 50. — 6. — P. 2243–2249.
9. Ehret G.B., Caulfield M.J. Genes for blood pressure: an opportunity to understand hypertension // Eur Heart Journal. — 2013. — Vol. 34. — 13. — P. 951–961.
10. Ehret G.B., Munroe P.B., Rice K.M. [et al.] Genetic variants in novel pathways influence blood pressure and cardiovascular disease risk. International Consortium for Blood Pressure Genome-Wide Association Studies // Nature. — 2011. — Vol. 478. — 7367. — P. 103–109.
11. Hamet P. Proliferation and apoptosis in hypertension // Current Opinion in Nephrology and Hypertension. — 1995. — Vol. 25. — 4. — P. 1–7.
12. Jiang X., Konkalmatt P., Yang Yu. [et al.] Single-nucleotide polymorphisms of the dopamine D2 receptor increase inflammation and fibrosis in human renal proximal tubule cells // Hypertension. — 2014. — Vol. 63. — 3. — P. 74–80.
13. Levy D., Ehret G.B., Rice K., [et al.] Genome-wide association study of blood pressure and hypertension // Nature Genetics. — 2009. — Vol. 41. — 6. — P. 677–687.
14. Mancia G., Fagard R., Narkiewicz K. [et al.] ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the

Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) // Journal of Hypertension. — 2013. — Vol. 31. — 7. — P. 1281–1357.

15. Rifkind A.B. CYP1A in TCDD toxicity and in physiology with particular reference to CYP dependent arachidonic acid metabolism and other endogenous substrates // Drug Metabolism Reviews. — 2006. — Vol. 38. — 1–2. — P. 291–335.

16. Rosmond R., Rankinen T., Chagnon M., Pérusse L., Chagnon Y.C., Bouchard C., Björntorp P. Polymorphism in exon 6 of the dopamine D2 receptor gene (DRD2) is associated with elevated blood pressure and personality disorders in men // Journal of human hypertension. — 2001. — Vol. 15. — 8. — P. 553–558.

17. Sung Y.J., de Las Fuentes L., Schwander K.L., Simino J., Rao D.C. Gene-smoking interactions identify several novel blood pressure loci in the Framingham heart study // American Journal of Hypertension. — 2015. — Vol. 28. — 3. — P. 343–354.

18. Van Rossum E.F., Lamberts S.W. Polymorphisms in the glucocorticoid receptor gene and their associations with metabolic parameters and body composition // Recent Progress in Hormon Research. — 2004. — Vol. 59. — 1. — P. 333–357.

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Старкова Ксения Геннадьевна (Starkova K.G.),
науч. сотр. отдела иммунобиол. методов диагн. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: oleg@fcrisk.ru.

Долгих Олег Владимирович (Dolgikh O.V.),
зав. отд. иммунобиол. методов диагн. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского гос. национального исследовательского ун-та, проф. каф. охраны окружающей среды Пермского национального исследовательского политехнического ун-та, д-р мед. наук, проф. E-mail: oleg@fcrisk.ru.

Кривцов Александр Владимирович (Krivtsov A.V.),
зав. лаб. иммуногенетики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: krivtsov@fcrisk.ru.

Бубнова Ольга Алексеевна (Bubnova O.A.),
мл. науч. сотр. отд. иммунобиол. методов диагн. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: oleg@fcrisk.ru.

Дианова Дина Гумеровна (Dianova D.G.),
ст. науч. сотр. лаб. клеточных методов диагн., канд. мед. наук. E-mail: dianovadina@rambler.ru.

Отавина Елена Алексеевна (Otavina E.A.),
мл. науч. сотр. отд. иммунобиол. методов диагн. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: oleg@fcrisk.ru.

Никоношина Наталья Алексеевна (Nikonoshina N.A.),
студентка магистратуры биол. фак. Пермского государственного национального исследовательского ун-та. E-mail: nat08.11@yandex.ru.

Балашов С.Ю., Май И.В., Клейн С.В.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ В ХРОНИЧЕСКИЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»,
ул. Монастырская, 82, г. Пермь, Россия, 614015

Представлены методические подходы к оценке долевого вклада хозяйствующих субъектов в формирование индивидуального и популяционного рисков при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, и практика их применения. В основе оценки лежат расчеты рассеивания компонентов пылегазовых выбросов с использованием сводной базы данных об источниках загрязнения. Результаты расчетов сопрягаются с векторной картой территории, к которой «привязаны» места постоянного проживания населения, что позволяет выделить «зоны ответственности» отдельных хозяйствующих субъектов, где их вклад в риски для здоровья превышает 50%. Получаемые результаты применяют для оптимизации программ производственного контроля с целью их совместной реализации несколькими предприятиями и определения долевого вклада отдельных юридических лиц в финансирование природоохранных и санитарно-гигиенических мероприятий.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ; расчеты рассеивания; карта химического загрязнения; карта риска для здоровья; геоинформационные системы

Balashov S.Yu., May I.V., Kleyn S.V. **Methodic approaches to evaluating share of managing entities in chronic risk for public health**

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies Str. Monastyrskaya, 82, Perm, Russia, 614015

The authors presented methodic approaches to evaluating share of managing entities into individual and population risks formation under exposure to chemical pollutants of ambient air, and practical application of those approaches. The evaluation is based on calculation of dust and gas releases dispersion, using composite database on pollution sources. The calculation results are matched with vector map of territory with attached populated area, helps to identify «responsibility zones» for certain managing entities, where their share into health risks exceeds 50%. The results obtained help to optimize occupational control programs for mutual implementation by several enterprises and assessment of shares made by certain legal entities into financing of environmental protection and sanitary hygienic measures.

Key words: chemical pollutant releases; dispersion calculation; chemical pollution map; health risk map; geoinformation system

Введение. Уральские и сибирские города, такие как Пермь, Екатеринбург, Челябинск, Иркутск и пр. в годы Второй мировой войны приняли и разместили на своих территориях значительные по площади и мощности производственные объекты в дополнение к уже существовавшим. Города постепенно разрастались. Промышленные зоны смыкались с селитебными территориями, повышая риски для здоровья населения [3,5,10]. Постепенно все более актуальной проблемой становилось выделение доли ответственности отдельных хозяйствующих субъектов за загрязнение окружающей среды, выполнение природоохранных мероприятий, минимизацию угроз и опасностей для жителей [2,9].

Долевой вклад отдельных предприятий в загрязнение атмосферного воздуха в конкретных точках оценивается во многих исследованиях. В работах Watson с соавт. [11] применяется метод химического масс-баланса. М.Ю. Семенов с соавт. [7] использует метод построения коррелирующих профилей источников загрязнения. В ряде случаев используются методики по расчетам рассеивания примесей и основанные на их математиче-

ском аппарате программные средства [1,2,8] Методические подходы к оценке вклада предприятий и организаций в пространственную картину загрязнения среды обитания и формирование популяционных рисков для здоровья населения требуют совершенствования.

Объектами исследования являлись территория, прилегающая к крупному промышленному узлу на территории Перми, и центральная часть территории г. Братска. В обоих поселениях население испытывает негативное влияние загрязнения атмосферного воздуха, формируемого выбросами комплекса производственных объектов. Задачи разработки оптимальных программ мониторинга загрязнения, планирования природоохранных мероприятий, формирования и реализации медико-профилактической помощи населению требуют выделения сфер ответственности каждого конкретного хозяйствующего субъекта. Актуальным представляется и пространственный анализ рисков с выделением территориальных зон, загрязнение которых сформировано конкретным объектом. Оценка вклада отдельных загрязнителей в риски для

жителей города рассматривается как информационная основа разработки, финансирования и реализации адресных и наиболее эффективных по критериям риска мер первичной профилактики.

Цель исследования: разработка и апробация методики установления долевого вклада хозяйствующих субъектов в риск здоровью населения с учетом многокомпонентного состава выбрасываемых примесей предприятиями крупного промышленного узла.

Методы исследований. Сформированы сводные базы данных о стационарных и передвижных источниках выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на каждой территории (порядка 1100 стационарных источников на исследованной территории г. Перми и 850 стационарных источников на территории г. Братска). Все источники были «привязаны» к векторным картам территорий. На карты масштаба 1:5000 наносили границы промышленных площадок, улично-дорожную сеть, жилые кварталы, здания и сооружения. В каждом случае был создан тематический слой плотности проживания населения.

Загрязнение атмосферного воздуха оценивалось по данным инструментальных замеров на стационарных постах наблюдения Росгидромета и/или социально-гигиенического мониторинга. Вклады в загрязнение воздуха и риски для здоровья оценивались по результатам расчетов рассеивания по регулярной сетке. В г. Братске расчетный прямоугольник имел площадь 24 км² (5 км × 4,8 км, шаг по осям X и Y равен 100 м, геометрический центр — в центре промышленного узла), в г. Перми расчеты выполнены для площади 22 км² с таким же шагом сетки. В обоих случаях приняты во внимание выбросы автомобильного транспорта через учет элементов улично-дорожной сети и суточную интенсивность транспортного потока. Рассеивание загрязняющих веществ выполнялось с использованием программы «Эколог-Город» сборка 3.1.118.160, реализующей общепринятые для РФ методические подходы [4]. Константа целесообразности проведения расчетов задана уровнем 0,00001. Для оценки среднегодового уровня загрязнения атмосферы также использовали программу «Эколог-Город» с блоком расчета «Средние». Метеорологические характеристики района были получены по специальному запросу от ГГО им. А.И. Воейкова в виде метеофайла.

На основании результатов расчетов рассеивания по регулярной сетке пошагово оценивались риски здоровью населения в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух» [6]. Риски оценивали по индексам опасности (hazard index, ИН), принимая в качестве допустимого (приемлемого) индекс, равный 1,0. В данной работе рассмотрены результаты выделения вкладов отдельных хозяйствующих субъектов в хронический аэрогенный риск.

Долевой вклад предприятия ΔR_p^{risk} оценивался как отношение риска для определенного критического органа или системы, формируемого только выбросами

данного предприятия к суммарному риску, формируемому всеми химическими примесями всех хозяйствующих субъектов территории:

$$\Delta R_p^{risk} = \left(R_p^{risk}(x, y) / \sum_{\forall p \in \mathfrak{R}} R_p^{risk}(x, y) \right) \times 100$$

R_p^{risk} – риск, формируемый хозяйствующим субъектом р в точке x, y веществами, выбрасываемыми данным объектом;

$\sum_{\forall p \in \mathfrak{R}} R_p^{risk}$ — суммарный риск, формируемый в точке x, y всеми веществами от всех хозяйствующих субъектов;

$\mathfrak{R}$ — множество хозяйствующих субъектов, участвующих в расчете.

Вклад предприятия в риск рассчитывался в каждой расчетной точке. Это позволило строить на картах изолинии и поля вкладов. При зонировании территорий выделяли участки, где вклад конкретного субъекта в риск для здоровья превышал 50%. Такие зоны рассматривались как «зоны ответственности» предприятий.

Основные результаты. Проведенные расчеты рассеивания и последующая оценка неканцерогенного хронического риска здоровью населения показали, что в г. Перми на исследованной территории вблизи промышленного узла формируются неприемлемые уровни риска нарушений органов дыхания (до ИИ = 4,5). Хозяйствующие субъекты по составу выбросов были близки друг другу, что осложняло прямую идентификацию основного «виновника» рисков. Установлено, что от 80 до 98% суммарного риска (в зависимости от расположения участка) формировали только 6 предприятий из более чем 40 хозяйствующих субъектов промузла. Вклад прочих предприятий составлял от 0,1 до 6% и оценивался как незначительный.

Предложенные подходы позволили выделить для каждого из основных вкладчиков ту часть прилегающей к промузлу территории, на которой вклад в риск для здоровья жителей составлял более 50%. Такие территории рассматривались как «зоны ответственности» конкретного хозяйствующего субъекта. На этих участках предприятиям было рекомендовано размещать точки (посты) производственного контроля и импактного мониторинга состояния атмосферного воздуха.

Установлено, что в зоне влияния предприятия № 1 основной вклад в параметры риска в отношении органов дыхания вносит аммиак, в зоне влияния предприятия № 2 — взвешенные вещества, предприятия № 3 — алифатические и ароматические углеводороды и оксиды азота и т. п.

Выделенные участки могут рассматриваться и как территории размещения точек социально-гигиенического мониторинга. При выявлении нарушений гигиенических нормативов результаты могут доказательно применяться в ходе контрольно-надзорных мероприятий без взаимодействия с юридическими лицами.

Предлагаемые подходы позволили установить и вклад иных хозяйствующих субъектов в загрязнение,

что явилось основой для организации совместных лабораторных исследований (с разделением объемов натурных измерений или объемов финансирования). К примеру, если в зонах ответственности предприятий № 1, 3 и 5 риски формировались практически одним хозяйствующим субъектом (вклад иных предприятий и организаций не превышал в отдельности 2%, а в сумме 10–15%), то в зонах ответственности предприятий №№ 2, 4, 6 вклады более 10% каждый формировали еще по 2–3 предприятия. Это позволило в соответствующей пропорции определить ответственность каждого предприятия за ведение мониторинга загрязнения и снижения рисков для здоровья.

Исследования качества атмосферного воздуха и уровней риска для здоровья жителей г. Братска выявили следующее: большая часть исследуемой селитебной территории города находится в зонах неприемлемого риска в отношении органов дыхания, глаз, процессов развития и системного воздействия (таблица).

Таблица

Уровень неканцерогенного риска здоровью населения при ингаляционном комбинированном воздействии химических веществ в г. Братске (центральный территориальный округ)

Критические органы и системы	Суммарный уровень хронического риска (HICr)		
	Min	Среднее	Max
Органы дыхания	27,72	31,02	37,72
Иммунная система	11,05	22,07	30,24
Процессы развития	2,45	14,85	20,86
Смертность	2,93	6,46	11,18
Кровь и кроветворные органы	4,78	8,38	10,14
Органы зрения	4,34	7,56	10,02
Центральная нервная система	3,61	5,42	6,14
Вегетативная нервная система	1,0	1,96	3,09
Сердечно-сосудистая система	0,96	1,65	2,35
Костная система	1,18	1,40	1,82
Почки	0,83	1,40	1,76
Печень	0,79	1,59	1,72

Установлено, что в формирование хронического риска возникновения патологии процессов развития вклад бенз(а)пирена, содержащегося в воздухе города, содержание от 76,56 до 97,95 %. Риск развития болезней органов дыхания обусловлен присутствием в воздухе жилых зон повышенными уровнями формальдегида (вклад в суммарный риск в среднем 24,1%), соединений никеля (20%), взвешенных веществ (16,7%), диоксида азота (4,4%) и т. п. Никель формирует от 39,19 до 84,60% риска возникновения болезней крови и кроветворной системы. Фенол является приоритетным веществом, оказывающим влияние на формирование хронического риска возникновения болезней сердечно-сосудистой системы (от 63,77 до 81,13 % вклада в риск) и т. п.

Риски формируются двумя крупными промышленными узлами, расположенными на удалении от жилых

кварталов, внутригородским автотранспортом, объектами энергетики и всем комплексом производственных и коммунальных объектов на территории города.

В силу того, что именно промышленные узлы являются источниками основной массы выбросов в воздух, они рассматривались как основные источники недопустимого риска для здоровья и объекты, требующие мер по управлению рисками. Вместе с тем, удаленные промышленные узлы вносят вклад в риски болезней органов дыхания на уровне 45% (около 28,6 и 17,1%). Зоны ответственности обоих промышленных узлов лежат за пределами густонаселенных селитебных территорий. Остальной вклад (55%, или риски на уровне около 15HI) формируется объектами, расположенными на внутригородских территориях — ТЭЦ, автотранспортом, мелкими и средними предприятиями, расположенными в непосредственной близости к жилой застройке.

В зонах, где вклад первого промышленного узла (удаленного от жилой застройки на расстояние порядка 9 км) превышает 25%, проживает порядка 126 тыс. человек (т. е. около 52% населения города). Почти 66 тыс. человек проживают на территориях, где вклад в риски выше 25% формирует второй промышленный узел.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в городе требуется принятие комплексных мероприятий по минимизации угроз опасностей здоровью населения, связанных с загрязнением атмосферного воздуха. Внедрение санитарно-гигиенических мероприятий только на крупных промышленных предприятиях не позволит полностью решить проблему достижения приемлемого риска для здоровья. Актуальность сохраняет снижение загрязнения от автотранспорта, вклад которого в риски составляет от 10,8 до 44,2% на разных участках города. Требуется совершенствование системы обеспечения санитарно-гигиенической безопасности функционирования объектов городской энергетики.

Выводы:

1. Методические подходы к выделению долевых вкладов хозяйствующих субъектов в риски здоровью жителей, основанные на применении сводных баз данных стационарных и передвижных источников выбросов городов и сопряжении расчетных данных при оценке уровней экспозиции, обеспечивают доказательную информационно-аналитическую базу для принятия широкого круга управляющих решений.

2. Необходимо обосновывать точки размещения постов наблюдения, разделять ответственность за формирование рисков для здоровья жителей, формировать оптимальные программы мероприятий по минимизации рисков.

3. Требуется развивать межведомственные взаимодействия, повышать качество и открытость доступа к информации об источниках загрязнения и расширять практику применения геоинформационных технологий в задачах гигиенических оценок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 10,11)

1. Иваненко А.В., Новиков С.М., Шашина Т.А., Волкова И.Ф., Кислицин В.А., Скворцов С.А., Додина Н.С. Анализ вклада выбросов ТЭЦ в загрязнение атмосферного воздуха города Москвы // Здоровье населения и среда обитания. — 2006. — № 9. — С. 26–29.
2. Кучменко Е.В., Зароднюк М.С., Балышев О.А., Чипанина Е.В., Томберг И.В., Сорокикова Л.М., Онищук Н.А. Оценка вклада промышленной зоны города Шелехова в загрязнение геосистемы долины реки Олхи // Известия Самарского научного центра РАН. — 2009. — Т. 11, № 1–3. — С. 300–306.
3. Мальяр К.В. Техногенное воздействие в формировании экологической обстановки и состояния здоровья населения // Паллиативная медицина и реабилитация. — 2013. — № 3. — С. 43–49.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86. — Л.: Госкомгидромет, 1987. — 93 с.
5. Негреева М.Б., Копылов В.С., Ульянов В.С. Особенности сочетанной патологии позвоночника и таза у детей, проживающих в условиях воздействия вредных факторов алюминиевого производства // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 3 — С. 13–22. DOI: 10.21668/health. risk/2016.3.02.
6. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.
7. Семенов М.Ю., Снытко В.А., Маринайте И.И. Новый метод оценки вкладов источников полициклических ароматических углеводородов в загрязнение объектов природной среды // Доклады Академии наук. — 2015. — Т. 463, № 1. — С. 94.
8. Степкин Ю.И., Кузмичев М.К., Журихина И.В. Оценка вклада загрязнения атмосферного воздуха от производства шин в риск для здоровья населения // Здоровье населения и среда обитания. — 2008. — № 7. — С. 55–57.
9. Филиппов В.А., Рембовский В.Р., Криницын Н.В., Филиппова Ю.В., Медведев Д.С., Касьяненко Е.С. Система объективной оценки медико-экологической ситуации на территориях риска развития заболеваний населения для задач последующего мониторинга // Анализ риска здоровью — 2014–№ 4. — С. 27–36. DOI: 10.21668/health. risk/2014.4.04.
4. Method to calculate airborne concentrations of chemical hazards in industrial releases. ОНД–86. — Leningrad: Goskomgidromet, 1987. — 93 p. (in Russian).
5. Negreeva M.B., Kopylov V.S., Ul'yanov V.S. Features of combined diseases of spine and pelvis in children residing in area exposed to hazards of aluminium production // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 3. — P. 13–22. DOI:10.21668/health. risk/2016.3.02 (in Russian).
6. Р 2.1.10.1920–04. Manual on evaluation of public health risk under exposure to chemicals polluting environment. — Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. — 143 p. (in Russian).
7. Semenov M.Yu., Snytko V.A., Marinayte I.I. New method to assess contributions by polycyclic aromatic hydrocarbon sources into environmental objects pollution // Doklady Akademii nauk, 2015. — Vol 463. — 1. — 94 p. (in Russian).
8. Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Zhurikhina I.V. Evaluation of contribution by airborne pollution due to tyre production into public health risk // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. — 2008. — 7. — P. 55–57 (in Russian).
9. Filippov V.L., Rembovskiy V.R., Krinityn N.V., Filippova Yu.V., Medvedev D.S., Kas'yanenko E.S. System of objective evaluation of medical ecologic situation on territories with risk of diseases in population, for subsequent monitoring goals // Analiz riska zdorov'yu. — 2014. — 4. — P. 27–36. DOI: 10.21668/health. risk/2014.4.04 (in Russian).
10. The Future We Want. The City We Need. — Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2013. Available at: <http://unhabitat.org/the-future-we-want-the-city-we-need>.
11. Watson J.G., Robinson N.F., Lewis C.W., Coulter C.T., Chow J.C., Fujita E.M., Lowenthal D.H., Conner T.L., Henry R.C., Willis R.D. Chemical mass balance receptor model / version 8 (CMB) user's manual. Prepared by Desert Research Institute, Reno, NV, for U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 1997. Available at: <ftp://eafs.sage.dri.edu/cmb80/model/>

Поступила 21.04.2017

REFERENCES

1. Ivanenko A.V., Novikov S.M., Shashina T.A., Volkova I.F., Kislitsin V.A., Skvortsov S.A., Dodina N.S. Analysis of contribution by heat power stations releases into ambient air pollution in Moscow // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. — 2006. — 9. — P. 26–29 (in Russian).
2. Kuchmenko E.V., Zorodnyuk M.S., Balyshev O.A., Chipanina E.V., Tomberg I.V., Sorokovikova L.M., Onishchuk N.A. Evaluation of contribution by Shelekhov city industrial zone into pollution of Olkha river valley geosystem // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. — 2009. — Vol 11. — 1–3. — P. 300–306 (in Russian).
3. Malyar K.V. Technogenic influence in formation of ecologic state and public health // Palliativnaya meditsina i reabilitatsiya. — 2013. — 3. — P. 43–49 (in Russian).
4. Method to calculate airborne concentrations of chemical hazards in industrial releases. ОНД–86. — Leningrad: Goskomgidromet, 1987. — 93 p. (in Russian).
5. Negreeva M.B., Kopylov V.S., Ul'yanov V.S. Features of combined diseases of spine and pelvis in children residing in area exposed to hazards of aluminium production // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 3. — P. 13–22. DOI:10.21668/health. risk/2016.3.02 (in Russian).
6. Р 2.1.10.1920–04. Manual on evaluation of public health risk under exposure to chemicals polluting environment. — Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. — 143 p. (in Russian).
7. Semenov M.Yu., Snytko V.A., Marinayte I.I. New method to assess contributions by polycyclic aromatic hydrocarbon sources into environmental objects pollution // Doklady Akademii nauk, 2015. — Vol 463. — 1. — 94 p. (in Russian).
8. Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Zhurikhina I.V. Evaluation of contribution by airborne pollution due to tyre production into public health risk // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. — 2008. — 7. — P. 55–57 (in Russian).
9. Filippov V.L., Rembovskiy V.R., Krinityn N.V., Filippova Yu.V., Medvedev D.S., Kas'yanenko E.S. System of objective evaluation of medical ecologic situation on territories with risk of diseases in population, for subsequent monitoring goals // Analiz riska zdorov'yu. — 2014. — 4. — P. 27–36. DOI: 10.21668/health. risk/2014.4.04 (in Russian).
10. The Future We Want. The City We Need. — Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2013. Available at: <http://unhabitat.org/the-future-we-want-the-city-we-need>.
11. Watson J.G., Robinson N.F., Lewis C.W., Coulter C.T., Chow J.C., Fujita E.M., Lowenthal D.H., Conner T.L., Henry R.C., Willis R.D. Chemical mass balance receptor model / version 8 (CMB) user's manual. Prepared by Desert Research Institute, Reno, NV, for U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 1997. Available at: <ftp://eafs.sage.dri.edu/cmb80/model/>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Балашов Станислав Юрьевич (Balashov S.Yu.)

ст. науч. сотр., зав. лаб. методов комплексного сан.-гиг. анализа и экспертиз ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: stas@fcrisk.ru.

Май Ирина Владиславовна (May I.V.),

зам. дир. по науч. раб. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. экологии человека и безопасности жизнедеятельности Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р биол. наук. E-mail: may@fcrisk.ru.

Клейн Светлана Владиславовна (Kleyn S.V.)

зав. отд. сист./методов сан./гиг./анализа и экспертиз ФБУН «Федеральный научн. центр медико-проф. технологий управл. рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: may@fcrisk.ru.

УДК 614.715; 613.633

Уланова Т.С.^{1,2}, Нурисламова Т.В.^{1,2}, Карнажицкая Т.Д.¹, Мальцева О.А.¹, Волкова М.В.^{1,2}, Гилева М.И.¹, Антипова М.В.^{1,3}

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА

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

²ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», 29, пр-т Комсомольский, Пермь, Россия, 614990

³ФГБОУ ВО «Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. академика Д.Н. Прянишникова», 23, ул. Петропавловская, г. Пермь, Россия, 614990

Установлено, что при производстве фталевого ангидрида работники подвергаются комбинированному воздействию нескольких классов химических соединений (фталевый ангидрид, фталевая и малеиновая кислоты, ортоксилал) и взвешенных веществ (TSP, PM_{2,5} и PM₁₀). По содержанию химических соединений в воздухе рабочей зоны превышений гигиенических нормативов не установлено. По содержанию взвешенных веществ установлено превышение относительно рабочих мест сравнения от 12,4 до 16,5 раза по TSP; от 1,3 до 14,0 раза по PM_{2,5}; от 1,5 до 14,1 раза по PM₁₀; по счетной концентрации наночастиц от 2,1 до 10,0 раза на рабочих местах «фасовка фталевого ангидрида», «отделение кристаллизации», «склад готового продукта, палетизатор». Опасность воздействия мелкодисперсных частиц на химических производствах усугубляется воздействием и проникновением в организм через респираторный тракт адсорбированных на них токсичных соединений. Выполненные исследования позволяют ставить вопрос об организации производственного контроля за содержанием TSP, PM_{2,5} и PM₁₀ в воздухе рабочей зоны, которые могут быть использованы в качестве дополнительной информации при оценке условий труда, вредных факторов и профессионального риска в производстве фталевого ангидрида.

Ключевые слова: воздух рабочей зоны; фталевый ангидрид; фталевая кислота; фумаровая кислота; мелкодисперсные частицы PM_{2,5} и PM₁₀; частицы нанодиапазона

Ulanova T.S.^{1,2}, Nurislamova T.V.^{1,2}, Karnazhitskaya T.D.¹, Maltseva O.A.¹, Volkova M.V.^{1,2}, Gileva M.I.¹, Antipieva M.V.^{1,3} **Evaluating air quality of workplace for workers engaged into phthalic anhydride production**

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

²Perm State National Research Polytechnical University, 29, Komsomolsky Pr., Perm, Russia, 614990

³Perm State Agricultural Academy, Petropavlovskaya Str., 23, Perm, Russia, 614990

Workers engaged into phthalic anhydride production appeared to be exposed to combined influence of several classes of chemicals (phthalic anhydride, phthalic and maleic acids, orthoxylenes) and suspended substances (TSP, PM_{2,5} and PM₁₀). The chemicals contents of air in the workplace did not exceed hygienic norms. Suspended substances contents appeared to exceed the norms, if compared to reference workplaces — 12.4 to 16.5 times for TSP, 1.3 to 14.0 times for PM_{2,5}, 1.5 to 14.4 times for PM₁₀. The workplaces «phthalic anhydride packaging», «crystallization department», «end product storage, palletizator» appeared to have 2.1 to 10.0 times exceeded calculated concentrations of nanoparticles. Jeopardy caused by influence of low-dispersion particles at chemical production is aggravated by influence and inhalation of toxic compounds adsorbed on these particles. The studies necessitate organization of occupational control over contents of TSP, PM_{2,5} and PM₁₀ in air of workplace, so these concentrations can be used as additional information for assessment of work conditions, hazards and occupational risks in phthalic anhydride production.

Key words: workplace air; phthalic anhydride; phthalic acid; fumaric acid; low-dispersed particles PM_{2,5} and PM₁₀; nanoparticles

Введение. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда является предпосылкой для высокой производительности труда, залогом сохранения трудовых ресурсов, а также устойчивого социально-экономического развития государства в целом [5–7].

Особенности условий труда при прочих равных условиях определяют функциональный уровень и физическое здоровье работников, необходимые для

успешного выполнения производственных обязанностей [12].

В структуре отраслей народного хозяйства одно из ведущих мест по потенциальной опасности химического воздействия занимает химическая отрасль, поскольку более 100 тыс. разнообразных по строению и физико-химическим свойствам химических веществ могут присутствовать в воздухе рабочей зоны раз-

личных производств и оказывать неблагоприятный эффект на организм работающих [8,18].

Фталевый ангидрид является одним из основных продуктов органического синтеза, который используется для получения сложных эфиров, различных смол, пластификаторов, производных фталевой кислоты [1]. В промышленности фталевый ангидрид получают парофазным каталитическим окислением о-ксилола кислородом воздуха с использованием стационарных катализаторов на основе оксида ванадия (V_2O_5 - TiO_2 или V_2O_5 - K_2SO_4) [11].

Технологический процесс производства фталевого ангидрида является непрерывным, поэтому работники (аппаратчики) обслуживают технологическое оборудование, размещенное как на наружных установках, так и в закрытых производственных помещениях (площадка обслуживания печи, насосная о-ксилола, фасовка фталевого ангидрида, склад готового продукта, отделение кристаллизации и отделение фумаровой кислоты).

Изучение технологических стадий производства позволяет предположить, что на организм работников, обслуживающих производство фталевого ангидрида, воздействует комплекс вредных производственных факторов, включающих химическое воздействие и пылевой фактор. Химический фактор в производстве фталевого ангидрида представлен комплексом токсичных химических соединений 2–3 классов опасности с различным характером действия на организм. При наличии в воздухе рабочей зоны паров и аэрозоля фталевого ангидрида в концентрации $0,32 \text{ мг/м}^3$ увеличивается число жалоб на головную боль, кашель, частый насморк. У рабочих со стажем негативные эффекты хронического воздействия в концентрации $1,3 \text{ мг/м}^3$ характеризуются вегетативной дисфункцией, нейроциркуляторной дистонией, дисфункцией печени и желчевыводящих путей, атрофическими ринофарингитами, наличием анемии [9,10]. Минимальная концентрация фталевого ангидрида, вызывающая sensibilization у работающих, составляет $7,5 \text{ мг/м}^3$. Пары ксилола вызывают острые и хронические поражения кроветворных органов, дистрофические изменения в печени и почках, при контактах с кожей — дерматиты, могут оказывать специфическое воздействие на репродуктивное здоровье [9,10].

Кроме воздействия химических факторов, на многих химических производствах присутствует воздействие взвешенных веществ, в составе которых присутствуют мелкодисперсные частицы фракций $PM_{2,5}$ и PM_{10} (частицы $2,5$ и 10 мкм соответственно). Мелкодисперсные частицы размерами 10 мкм и менее относятся к респираторным и проникают в организм человека через респираторный тракт, вызывают болезни легких или обостряют уже имеющиеся. В химическом производстве опасность усугубляется тем, что мелкодисперсные частицы могут адсорбировать химические вещества и тем самым усиливать токсическое воздействие [2,13,16].

Гигиеническая оценка условий труда работников, занятых в различных отраслях химического производства, в том числе производства фталевого ангидрида, является актуальной.

Цель исследований: оценка условий труда работников производства фталевого ангидрида, подвергающихся комбинированному воздействию нескольких классов химических соединений (фталевый ангидрид, фумаровая и фталевая кислоты, ароматические углеводороды) и взвешенных веществ — TSP, (мелкодисперсные частицы — $PM_{2,5}$, PM_{10} , частицы нанодиапазона).

Материалы и методы исследований. Гигиенические исследования условий труда проводились на производстве фталевого ангидрида. Изучены условия труда работников основных групп профессий: аппаратчик абсорбции 5-го разряда, аппаратчик подготовки сырья и отпуска полуфабрикатов и продукции 4-го разряда, аппаратчик окисления 5-го и 6-го разряда, аппаратчик конденсации 5-го разряда, аппаратчик чешуирования 3-го и 4-го разряда, аппаратчик производства химических реактивов 6-го разряда, аппаратчик осаждения 5-го разряда (группа наблюдения, $n=60$). Группу сравнения ($n=40$) составили работники предприятия, не имевшие контакта с вредными производственными факторами (работники административного аппарата). Всего обследовано 10 рабочих мест, на которых занято 100 работников. Исследования выполнялись с использованием стандартных утвержденных методик в соответствии с действующими нормативно-методическими документами [4,17].

Отбор проб воздуха рабочей зоны на содержание фталевого ангидрида проводился на сорбционные трубки, заполненные сорбентом Тенакс ТА, с последующей десорбцией этилацетатом и анализом на газовом хроматографе «Кристалл-5000» с использованием капиллярной колонки с неподвижной жидкой фазой НР-1 длиной 50 м , диаметром $0,32 \text{ мм}$, толщиной пленки $0,25 \text{ мкм}$ и детекцией на пламенно-ионизационном детекторе.

Исследование содержания в воздухе рабочей зоны суммы ксилолов, ортоксилола проводили согласно ГОСТ Р ИСО 16017-2-2007 [4,17].

Исследования проб воздуха рабочей зоны на содержание фумаровой и фталевой кислот выполнены методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с применением УФ-детектора на обращенно-фазной колонке. Отбор проб осуществляли на фильтры АФА-ХА-20, экстракцию фталевой и фумаровой кислот с фильтров проводили метанолом, степень экстракции — 98% [14].

Анализ массовой концентрации взвешенных веществ в воздухе рабочей зоны проводили в соответствии с МУК 4.1.2468-09 [15]. Отбор проб воздуха на содержание фракционного состава пыли (сумма взвешенных частиц TSP) проводился на фильтры типа АФА-ВП.

Анализ массовой концентрации мелкодисперсных частиц в воздухе рабочей зоны проводился на анализаторах аэрозолей DustTrak 8533, DustTrak 8530 (США) в соответствии с руководством по эксплуатации. В анализаторах пыли реализован принцип лазерной нефелометрии. Диапазон размеров регистрируемых частиц 0,1–15 мкм. Диапазон измерения массовой концентрации аэрозоля 0,01–150 мг/м³.

Анализ счетной концентрации и среднего размера наночастиц проводился с использованием диффузионного аэрозольного спектрометра ДАС 2702 (Россия). Прибор позволяет получать распределение частиц по размерам в диапазоне от 3 до 200 нм.

Оценка содержания химических соединений и взвешенных веществ в воздухе рабочей зоны выполнялась относительно гигиенических нормативов ПДК_{р.з.} для максимально разовых концентраций [3].

Для оценки экспозиции воздуха производственной среды химическими соединениями (фталевый ангидрид, фумаровая и фталевая кислоты, о-ксилол и сумма ксилолов) и фракционного состава производственной пыли выполнены лабораторно-инструментальные исследования воздуха рабочей зоны с учетом технологических операций: площадка обслуживания печи R-621, насосная о-ксилола, газовый холодильник E-214/1,2, площадка обслуживания конденсатора намораживания A-221/1-13, фасовка фталевый ангидрида, склад готового продукта, отделение кристаллизации, отделение фумаровой кислоты. В связи с отсутствием гигиенических нормативов для оценки счетной концентрации мелкодисперсных частиц (PM_{2,5} и PM₁₀) и частиц нанодиапазона в воздухе рабочей зоны выполнялись измерения на рабочих местах административных сотрудников, не участвующих в производственных процессах: лаборатория службы воздуха, кабинет начальника службы качества.

Результаты и обсуждение. В период наблюдений в воздухе рабочей зоны обследуемых цехов при стабильном течении технологического процесса в производстве фталевый ангидрида концентрации токсических соединений не превышали значений гигиенических нормативов ПДК_{м.р.}. Концентрации фталевый ангидрида на наружных установках воздуха рабочей зоны определялась в диапазоне от 0,1 до 0,11 мг/м³ (ПДК_{м.р.}=1 мг/м³).

Концентрации фталевый ангидрида в воздухе рабочей зоны закрытых помещений определялись на стадии «фасовка фталевый ангидрида» на уровне 0,4 ПДК_{р.з.} «отделение фумаровой кислоты» и «площадка обслуживания печи R-621» на уровне 0,12 ПДК_{р.з.}

Фумаровая кислота в воздухе рабочей зоны обнаружена в 100 % отобранных проб в диапазоне концентраций 0,004–0,183 мг/м³. Максимальная концентрация фумаровой кислоты в воздухе рабочей зоны установлена в помещении отделения фумаровой кислоты — 0,183 мг/м³ при ПДК_{м.р.}= 5 мг/м³.

Фталевая кислота в воздухе рабочей зоны присутствовала на всех обследованных рабочих местах в диапазоне концентраций 0,01–0,33 мг/м³. Максимальная

концентрация фталевый кислоты в воздухе рабочей зоны обнаружена в отделении кристаллизации 0,33 мг/м³, что в 1,6–2,5 раза выше концентрации фталевый кислоты, определяемой в воздухе административных помещений предприятия при отсутствии производственного фактора.

Содержание взвешенных веществ (TSP), мелкодисперсных частиц PM_{2,5} и PM₁₀, счетная концентрация наночастиц в воздухе рабочей зоны не нормируются. Вместе с тем, оценивая содержание взвешенных веществ (TSP), следует отметить, что на отдельных рабочих местах установлено превышение содержания TSP относительно рабочих мест сравнения. На стадиях «фасовка фталевый ангидрида» — в 16,5 раза; «отделение кристаллизации» — в 14,5 раза; «склад готового продукта» — в 12,5 раза. По содержанию PM_{2,5} наиболее высокие концентрации установлены на рабочем месте аппаратчика производства химических реактивов 6-го разряда, чешуирования 4-го разряда «отделение кристаллизации» в 14,0 раза; на рабочем месте аппаратчика чешуирования 4-го разряда «склад готового продукта, палетизатор» в 5,1 раза. На этих же рабочих местах установлено превышение содержания мелкодисперсных частиц PM₁₀ — в 14,1 раза в «отделении кристаллизации» и в 6,2 раза в «складе готового продукта»; счетной концентрации частиц нанодиапазона — в 8,5 раза в «отделении кристаллизации», и в 10,0 раза в «складе готового продукта».

Выводы:

1. В результате оценки условий труда работников производства фталевый ангидрида следует отметить, что качество воздуха производственных помещений на отдельных стадиях производства по химическому фактору (фталевый ангидрид, сумма ксилолов, ортоксиксил, фумаровая, фталевая кислота) соответствует гигиеническим нормативам.

2. На рабочем месте аппаратчика чешуирования на стадии «фасовка фталевый ангидрида», в результате исследований обнаружены концентрации фталевый ангидрида ($0,394 \pm 0,090$ мг/м³), которые при постоянном воздействии ведут к увеличению жалоб на головную боль, кашель, частый насморк, кроме того на данном рабочем месте установлено повышенное содержание взвешенных веществ.

3. По содержанию взвешенных веществ в воздухе производственных помещений TSP, PM_{2,5} и PM₁₀ установлено превышение содержания относительно рабочих мест сравнения от 12,4 до 16,5 раза по TSP; от 1,3 до 14,0 раза по PM_{2,5}; от 1,5 до 14,1 раза по PM₁₀; по счетной концентрации наночастиц от 2,1 до 10,0 раза на рабочих местах «фасовка фталевый ангидрида», «отделение кристаллизации», «склад готового продукта, палетизатор».

4. Определение высоких концентраций мелкодисперсных частиц PM_{2,5} и PM₁₀ особенно на предприятиях химической промышленности создает опасность глубокого проникновения химических соединений через ре-

спираторный тракт за счет адсорбции токсичных соединений, что может увеличить риск возникновения профессиональных заболеваний.

5. Следует ставить вопрос об организации производственного контроля за содержанием $PM_{2,5}$ и PM_{10} в воздухе рабочей зоны, что может быть использовано в качестве дополнительной информации при оценке условий труда, вредных факторов и профессионального риска в производстве фталевого ангидрида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев В.В. Оптимизация технологических процессов органического синтеза: учебное пособие. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. — 185с.
2. Воздействие дисперсного вещества на здоровье человека // Записка ВОЗ / Совместной целевой группы по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека. — Женева, 2012. — С. 13.
3. ГН 2.2.5.686–98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000525>.
4. ГОСТ Р ИСО 16017–1–2007. Воздух атмосферный, рабочей зоны и замкнутых помещений. Отбор проб летучих органических соединений при помощи сорбционной трубки с последующей термодесорбцией и газохроматографическим анализом на капиллярных колонках. Часть 1. Отбор проб методом прокачки. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200057637>.
5. Денисов Э.И., Чесалин П.В. Доказательность в медицине труда: принципы и оценка связи нарушений здоровья с работой // Мед. труда и пром. экология. — 2006. — № 11. — С. 6–14.
6. Измеров Н.Ф. Здоровье трудоспособного населения // Мед. труда и пром. экология. — 2005. — № 11. — С. 3–7.
7. Измеров Н.Ф., Сквирская Г.П. Социальная ответственность работодателя за здоровье работающих и роль медицины труда в современных условиях // Мед. труда и пром. экология. — 2003. — № 12. — С. 6–7.
8. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И. Актуальные проблемы здоровья населения трудоспособного возраста в РФ // Вестник РАМН. — 2010. — 9. — С. 3–9.
9. Каримова А. М., Каримова А.К. Особенности формирования состояния здоровья при сочетании воздействия производственного шума и углеводородов // М-алы международного симпозиума, Минск. — 1991. — С. 24.
10. Лазарева Н.В., Левиной Э.Н. Вредные вещества в промышленности. Т. 2. Органические вещества: Справочник для химиков, инженеров и врачей. — Л.: Химия, 1976. — 624 с.
11. Литвинцев И. Ю. Процессы окисления в промышленной органической химии // Соросовский образовательный ж-л. — 2004. — Т. 8, №1. — С. 24–31.
12. Максимов С.А., Артамонова Г.В. Профессия и патология сердечно-сосудистой системы: факторы, модифицирующие причинно-следственные зависимости в эпидемиологических исследованиях // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 4. — С. 95–106.

13. Мирзакаримова М. А., Искандарова Ш.Т. Гигиеническая оценка комбинированного действия загрязнений в атмосферном воздухе населенных мест // Гиг. и санит. — 2008. — № 4. — С. 10–13.

14. МУК 4.1.0.523–96. Измерение концентраций фумаровой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в воздухе рабочей зоны. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200036598>.

15. МУК 4.1.2468–09. Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/898911988>.

16. Пинигин М.А. Состояние и перспективы количественной оценки влияния химического загрязнения атмосферы на здоровье населения // Гигиена и санитария. — 2001. — № 5. — С. 53–58.

17. ПНД Ф 13.1:2.3.25–99. Количественный химический анализ атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу. Методика выполнения измерений массовых концентраций предельных углеводородов C(1) — C(10) (суммарно, в пересчете на углерод), непредельных углеводородов C(2) — C(5) (суммарно, в пересчете на углерод) и ароматических углеводородов (бензола, толуола, этилбензола, ксилолов, стирола) при их совместном присутствии в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах методом газовой хроматографии. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200078489>.

18. Роздин И.А., Хабарова Е.И., Вареник О.Н. Безопасность производства и труда на химических предприятиях. — М.: Химия, 2005. — 254 с.

REFERENCES

1. Bockkaryov V.V. Optimization of technologic processes of organic synthesis: textbook. — Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2010. — 185 p. (in Russian).
2. Influence of dispersed substance on human health. WHO Letter. Joint target group on aspects of airborne pollution influence on human health. — Geneve, 2012. — 13 p. (in Russian).
3. GN 2.2.5.686–98. Maximally allowable concentrations (MAC) of chemical hazards in air of workplace. Hygienic norms. <http://docs.cntd.ru/document/1200000525> (in Russian).
4. GOST R ISO 16017–1–2007. Ambient air, of workplace and chambers. Sampling of volatile organic compounds with sorption tube with subsequent thermodesorption and gas chromatographic analysis on capillary columns. Part 1. Sampling by pumping method. <http://docs.cntd.ru/document/1200057637> (in Russian).
5. Denisov E.I., Chesalin P.V. Evidence-based method in occupational medicine: principles and evaluation of relationships between health disorders and work // Industr. med. — 2006. — 11. — P. 6–14 (in Russian).
6. Izmerov N.F. Health of able-bodied population // Industr. med. — 2005. — 11. — P. 3–7 (in Russian).
7. Izmerov N.F., Skvirskaya G.P. Social responsibility of employer for workers' health, and role of occupational medicine nowadays // Industr. med. — 2003. — 12. — P. 6–7 (in Russian).

8. Izmerov N.F., Tikhonova G.I. Topical problems of able-bodied population health in Russian Federation // Vestnik RAMN. — 2010. — 9. — P. 3–9 (in Russian).

9. Karamova L. M., Karimova L.K. Features of health state formation under combined exposure to occupational noise and hydrocarbons. International symposium materials. — Minsk, 1991. — 24 p. (in Russian).

10. Lazareva N.V., Levina E.N. Chemical hazards in industry. Vol 2. Organic compounds: Reference book for chemists, engineers and doctors. — Leningrad: Himiya, 1976. — 624 p. (in Russian).

11. Litvintsev I.Yu. Oxidation processes in industrial organic chemistry // Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal. — 2004. — Vol 8. — 1. — P. 24–31 (in Russian).

12. Maksimov S.A., Artamonova G.V. Occupation and cardiovascular diseases: factors modifying cause effect relationships in epidemiologic studies // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 4. — P. 95–106 (in Russian).

13. Mirzakarimova M. A., Iskandarova Sh.T. Hygienic evaluation of combined influence of pollutions in ambient air of populated area // Gig. i sanit. — 2008. — 4. — P. 10–13 (in Russian).

14. MUK 4.1.0.523–96. Measurement of fumaric acid concentration via high-efficiency liquid chromatography in air of workplace. <http://docs.cntd.ru/document/1200036598> (in Russian).

15. MUK 4.1.2468–09. Measurement of mass concentrations of dust in workplace air of mining and nonmetallic industry. <http://docs.cntd.ru/document/898911988> (in Russian).

16. Pinigin M.A. State and prospects of quantitative evaluation of effects caused by chemical pollution of atmosphere on public health // Gig. i sanit. — 2001. — 5. — P. 53–58 (in Russian).

17. PND F 13/1:2:3.25–99. Quantitative chemical analysis of ambient air and releases into atmosphere. Method of measuring mass concentrations of saturated hydrocarbons C (1) — C (10) (totally, converted to carbon), nonsaturated hydrocarbons C(2) — C(5) (totally, converted to carbon) and aromatic hydrocarbons (benzene, toluene, ethyl benzene, xylene, styrene), when concomitantly present in ambient air, workplace air and industrial releases, by gas chromatography method. <http://docs.cntd.ru/document/1200078489> (in Russian).

18. Rozdin I.A., Khabarova E.I., Varenik O.N. Industrial safety and occupational hygiene on chemical enterprises. — Moscow: Himiya, 2005. — 254 p. (in Russian).

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Уланова Татьяна Сергеевна (Ulanova T.S.),

зав. отд. химико-аналитич. методов иссл. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. охр. окружающей среды Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р биол. наук. E-mail: ulanova@fcrisk.ru.

Нурисламова Татьяна Валентиновна (Nurislamova T.V.),

зав. лаб. газовой хроматографии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», проф. каф. охр. окружающей среды Пермского государственного национального исследовательского ун-та, д-р биол. наук. E-mail: nurtat@fcrisk.ru.

Карнажицкая Татьяна Дмитриевна (Karnazhitskaya T.D.),

зав. лаб. жидкостной хроматографии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. биол. наук. E-mail: tdkarn@fcrisk.ru.

Мальцева Ольга Андреевна (Maltseva O.A.),

химик лаб. газовой хроматографии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Волкова Марина Валерьевна (Volkova M.V.),

химик лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», магистр каф. охр. окружающей среды Пермского государственного национального исследовательского ун-та. E-mail: volkova@fcrisk.ru.

Гилева Марина Игоревна (Gileva M.I.),

инж.-иссл. лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: gileva@fcrisk.ru.

Антипова Марина Владимировна (Antipieva M.V.),

зав. лаб. методов анализа наноматериалов и мелкодисперсных частиц ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», доц. каф. ботаники, генетики, физиологии растений и биотехнологий Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. акад. Д.Н. Прянишникова, канд. биол. наук. E-mail: girmar@mail.ru.

УДК 613.6.027

Землянова М.А.^{1,2,3}, Кольдибекова Ю.В.¹

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТАЖА РАБОТЫ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА И ФУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ

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

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

³ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», пр-т Комсомольский, 29, Пермь, Россия, 614000

Показано, что условия труда работников производства фталевого ангидрида и фумаровой кислоты характеризуются сочетанным воздействием химических и физических факторов производственной среды: фталевый ангидрид, малеиновый альдегид, о-ксилол, производственный шум, вибрация общая и локальная, нагревающий микроклимат, тяжесть трудового процесса. Условия труда оцениваются как вредные (класс 3.2). При стаже работы 5 лет и более в крови работников основных специальностей исследованного производства установлено повышение уровня о-ксилола в 1,5 раза, фумаровой кислоты в 1,2 раза и фталевой кислоты в 3 раза относительно данных показателей у работников со стажем до 5 лет. Установлена достоверная зависимость изменения показателей системы крови (повышение уровня ретикулоцитов в 1,3 раза), выделительно-концентрационной функции желчевыводящих путей (повышение уровня общего и прямого билирубина в 1,2–1,3 раза), оксидантно-антиоксидантных процессов (повышение уровня МДА и АОА в 1,2 раза), неспецифической сенсибилизации (повышение уровня лимфоцитов и моноцитов в 1,2 раза) от стажа работы на производстве фталевого ангидрида и фумаровой кислоты.

Ключевые слова: фталевый ангидрид; фумаровая кислота; о-ксилол; стаж работы; причинно-следственные связи; негативные эффекты

Zemlyanova M.A.^{1,2,3}, Koldibekova J.V.¹ **Evaluating length of service influence on biochemical and hematologic parameters in workers engaged into production of phthalic anhydride and fumaric acid**

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

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

³Perm State National Research Polytechnical University, 29, Komsomolsky Pr., Perm, Russia, 614990

Workers engaged into phthalic anhydride and fumaric acid production are exposed to combined occupational hazards: phthalic anhydride, maleic anhydride, o-xylene, occupational noise, general and local vibration, heating microclimate, work hardiness. The work conditions are assessed as hazardous (class 3.2). With length of service over 5 years, serum concentration of o-xylene increased 1.5 times, that of fumaric acid — 1.2 times and phthalic acid — 3 times in major occupation workers of the studied production, if compared to the reference group with length of service under 5 years. Reliable dependence was seen between blood parameters (1.3 times increased reticulocytes), excretory and concentration function of bile ducts (1.2–1.3 times increased general and direct bilirubin), antioxidant and oxidant processes (1.2 times increased MDA and AOA levels), nonspecific sensibilization (1.2 times increased lymphocytes and monocytes counts) and length of service in phthalic anhydride and fumaric acid production.

Key words: phthalic anhydride; fumaric acid; o-xylene; length of service; cause-effect relationship; negative effects

Производство фталевого ангидрида и фумаровой кислоты является перспективным и востребованным в народном хозяйстве Российской Федерации. Фталевый ангидрид, как продукт органического синтеза, используется в производстве широкого перечня товаров, в том числе пластификаторов, лакокрасочных материалов и красителей, алкидных смол, резинотехнических изделий и др. [11]. Фумаровая кислота широко применяется в химической, бумажной промышленности, в сельско-хозяйственном производстве [8]. Объем мирового потребления фталевого ангидрида и

фумаровой кислоты достигает 4 млн. тонн в год. В России объем производства фталевого ангидрида с 2014 г. ежегодно стабильно увеличивается на 10,9% [12].

Условия труда работников ведущих профессий производства фталевого ангидрида и фумаровой кислоты, в соответствии с Руководством Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», характеризуются комплексным воздействием химических, физических факторов на фоне тяжелого и напряженного трудового процесса.

Основными органами-мишенями при действии данных производственных факторов являются органы дыхания, центральная нервная система, почки, печень, кровь и кроветворные органы [7,9]. Известно, что у работников отмечается повышенная частота хронических форм заболеваний верхних и нижних отделов дыхательных путей (в виде ринофаринголарингита, трахеита, бронхита), желудочно-кишечного тракта (гастрит, дуоденит), мочеполовой и периферической нервной системы [2,4,10]. Можно предположить, что с увеличением стажа работы на производстве фталевого ангидрида и фумаровой кислоты у работников увеличивается частота распространения негативных эффектов со стороны критических органов и систем, отражающих негативное воздействие производственных факторов.

Цель исследования: оценка влияния стажа работы на биохимические и гематологические показатели негативных эффектов у работников производства фталевого ангидрида и фумаровой кислоты.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись аппаратчики (68 мужчин) различных этапов технологического процесса при производстве фталевого ангидрида и фумаровой кислоты. Условия труда обследованных характеризуются сочетанным воздействием химических и физических факторов производственной среды: фталевый и малеиновый ангидрид, о-ксилол, производственный шум, вибрация, нагревающий микроклимат, тяжесть трудового процесса. Работники со стажем работы на предприятии от 0 до 5 лет составили группу наблюдения № 1 (31 человек), от 5,1 до 10 лет — группу наблюдения № 2 (13 человек), более 10 лет — группу наблюдения № 3 (24 человека). Обследована также группа из 41 работника (группа сравнения). Лица по полу и возрасту максимально приближены к выборке группы наблюдения, но не связаны профессиональной деятельностью с воздействием исследуемых производственных факторов. Распределение по стажу работы лиц группы сравнения следующее: группа сравнения № 1—23 человека, группа сравнения № 2—15 человек, и группа сравнения № 3—13 человек.

Диагностическое обследование выполнено с обязательным соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г., в гармонизации с Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ-R 52379–2005 «Надежная клиническая практика» (ICH E6 GCP). От каждого работника получено письменное информированное согласие на добровольное участие в обследовании.

Определение содержания фталевой и фумаровой кислот в крови выполнено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в соответствии с МУК 4.1.2774–10 «Определение массовой концентрации фталевой кислоты в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии»; о-ксилола — в соответствии с МУК

4.1.765–99 «Газохроматографический метод количественного определения ароматических (бензол, толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилол) углеводородов в биосредах (кровь)».

Перечень лабораторных показателей подобран с учетом патогенетической связи развития негативных эффектов с воздействием изучаемых производственных факторов [5]. Состояние системы крови и процессов кроветворения оценивалось по уровню гемоглобина, эритроцитов, ретикулоцитов, цветному показателю в цельной крови, средней концентрации гемоглобина в эритроците; неспецифическая сенсбилизация — по содержанию лимфоцитов, моноцитов и эозинофилов в крови, эозинофильно-лимфоцитарному индексу в цельной крови; состояние клеток печени и выделительно-концентрационная функция желчевыводящей системы — по активности аланинаминотрансферазы (АЛАТ), аспартатаминотрансферазы (АСАТ), гамма-глутамилтрансферазы (γ -ГТ), щелочной фосфатазы, уровню общего и прямого билирубина в сыворотке крови; выделительная функция почек — по содержанию креатинина в сыворотке крови; состояние оксидантно-антиоксидантной системы — по содержанию малонового диальдегида (МДА), уровню общей антиоксидантной активности (АОА) плазмы крови. В качестве критериев оценки использовались возрастные физиологические уровни и уровни лабораторных показателей работников группы сравнения.

Выделяли показатели у работников в группах наблюдения, уровень которых достоверно отличался от уровня в группах сравнения по критерию Стьюдента ($t > 2,0$; $p \leq 0,05$). Оценивали частоту регистрации и направленность отклонения от возрастной физиологической нормы. Оценка связи между содержанием химического вещества в крови и уровнем биохимического или гематологического показателя в крови выполнялась методом регрессионного анализа. Адекватность и достоверность связей оценивались по критерию Фишера ($F > 3,96$), коэффициенту детерминации (R^2) и t -критерию Стьюдента ($t > 2,0$) при заданном уровне значимости $p \leq 0,05$ [3].

Результаты исследования и их обсуждение. В воздухе рабочей зоны аппаратчиков установлен диапазон концентраций фталевого ангидрида 0,26–6,3 мг/м³, превышающий уровень ПДК_{м.р.} в 6,3 раза; малеинового альдегида — 1,2–3,0 мг/м³ (до 3 ПДК_{м.р.}). Уровень о-ксилола не превысил предельно допустимых значений и составил 20–100 мг/м³ (при ПДК_{м.р.} 150 мг/м³). Среднесменная концентрация о-ксилола составила 6,8–26,4 мг/м³ (при ПДК_{ср.см.} 50 мг/м³). Эквивалентные уровни шума на рабочих местах аппаратчиков различных производственных операций составили 67–84,6 дБА, что на 4,6 дБА выше ПДУ (ПДУ < 80 дБА). Общая вибрация, достигающая 104 дБ (при ПДУ 112 дБ), и локальная вибрация до 122 дБ (при ПДУ 126 дБ), оценены как допустимые. Тепловая нагрузка среды (ТНС-индекс) на рабочих местах составила 25,3–28,0 °С, что

на 2,8 °C выше ПДУ ($\text{ПДУ} < 25,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Условия труда аппаратчиков отнесены к вредным и опасным (класс 3.2).

Содержание фумаровой кислоты в крови превышает данный показатель соответствующих групп сравнения в 2,3–3,1 раза ($p=0,003\text{--}0,048$). При стаже более 10 лет отмечается повышение уровня о-ксилола в 1,5 раза относительно аналогичного показателя в группе работников со стажем до 5 лет ($p=0,002$); фумаровой и фталевой кислот — в 1,2–3,0 раза соответственно относительно данных показателей у работников со стажем от 5 до 10 лет ($p=0,0001$).

Выявлено достоверное снижение среднего объема эритроцитов крови у работников при стаже до 5 лет относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,0001$). Доказана причинно-следственная связь уровня среднего объема эритроцитов крови с содержанием фталевой кислоты в крови ($R^2=0,89$; $F=87,34$; $p=0,0001$). У работников с трудовым стажем от 5 до 10 лет установлено достоверное повышение уровня ретикулоцитов относительно аналогичного показателя у работников со стажем до 5 лет ($p=0,028$).

У работников всех трех групп наблюдения уровни эозинофилов в крови и эозинофильно-лимфоцитарного индекса в 1,5–1,7 раза и в 1,7–2,2 раза соответственно превысили аналогичные показатели в крови работников групп сравнения ($p=0,003\text{--}0,014$). Частота регистрации проб с повышенным уровнем эозинофилов у работников с различным трудовым стажем составила 29,2–41,9% случаев при отсутствии таковых в соответствующих группах сравнения ($p=0,011\text{--}0,038$). Повышенное содержание абсолютного числа эозинофилов в крови работников групп наблюдения со стажем работы до 5 и более 10 лет в 1,5–2,0 раза превысило данный показатель у работников групп сравнения ($p=0,004\text{--}0,008$). Доказана прямая связь между уровнем относительного и абсолютного числа эозинофилов в крови и содержанием фумаровой и фталевой кислот в крови ($R^2=0,72\text{--}0,77$; $205,94 \leq F \leq 280,89$; $p=0,0001\text{--}0,001$). При трудовом стаже от 5 до 10 лет выявлено повышение в 1,2 раза уровня лимфоцитов в крови относительно аналогичного показателя у группы работников при стаже до 5 лет ($p=0,044$). При стаже более 10 лет у работников в крови установлено повышение уровня моноцитов относительно аналогичного показателя у группы работников со стажем от 5 до 10 лет ($p=0,015$).

Выявлено достоверное повышение в 1,2–1,3 раза активности щелочной фосфатазы и АСАТ в сыворотке крови работников со стажем до 5 лет относительно показателей в группе сравнения ($p=0,027\text{--}0,039$). Доказана прямая связь между активностью АСАТ в сыворотке крови и содержанием фумаровой кислоты в крови ($R^2=0,85$; $F=458,38$; $p=0,0001$). Только в группе работников с трудовым стажем более 10 лет выявлено достоверное повышение в 1,4–1,5 раза уровня общего и прямого билирубина в сыворотке крови относительно показателей группы сравнения ($p=0,0001\text{--}0,002$). Доказаны прямые зависимости между повышением

уровня общего и прямого билирубина в сыворотке крови и содержанием фумаровой и фталевой кислот в крови ($R^2=0,37\text{--}0,89$; $51,45 \leq F \leq 726,40$; $p=0,0001$).

Установлено достоверное повышение уровня креатинина в сыворотке крови у работников со стажем работы 5–10 и более 10 лет относительно аналогичного показателя в группах сравнения ($p=0,017\text{--}0,045$). Доказана причинно-следственная связь вероятности повышения уровня креатинина в сыворотке крови при повышении о-ксилола в крови ($R^2=0,40$; $F=4,36$; $p=0,048$).

Уровень МДА в плазме крови работников со стажем работы до 5 и более 10 лет достоверно превысил в 1,2–1,4 раза показатель в крови работников групп сравнения ($p=0,0001\text{--}0,008$). Количество случаев регистрации повышенного уровня МДА у работников со стажем работы до 5 лет составило 70,6%, при 29,4% проб в группе сравнения (кратность различий — 2,4 раза, $p=0,004$), а у работников со стажем более 10 лет — 66,7% проб при отсутствии таковых в группе сравнения ($p=0,019$). Доказаны достоверные причинно-следственные связи между уровнем МДА в плазме крови и содержанием фумаровой и фталевой кислот в крови ($R^2=0,69\text{--}0,76$; $174,94 \leq F \leq 250,65$; $p=0,0001$). Установлено достоверное повышение в 1,2 раза уровня МДА в плазме крови работников со стажем более 10 лет относительно лиц с трудовым стажем от 5 до 10 лет ($p=0,014$).

Отмечено повышение общей АОА плазмы крови у работников со стажем до 5 лет относительно показателя в группе сравнения ($p=0,022$). Частота регистрации проб с повышенной общей АОА плазмы крови работников данной группы наблюдения составила 29,4%, при 5,9% проб в соответствующей группе сравнения (кратность различий — 4,9 раза, $p=0,004$). Установлены достоверные зависимости повышения общей АОА плазмы крови при повышенном содержании фумаровой и фталевой кислот в крови ($R^2=0,64\text{--}0,92$; $141,53 \leq F \leq 872,46$; $p=0,0001$). Частота регистрации проб с пониженной АОА у работников данной группы наблюдения составила 100% случаев при 75% в группе сравнения (кратность различий — 1,3 раза, $p=0,003$). Доказана причинно-следственная связь понижения общей АОА плазмы крови при повышенном уровне о-ксилола в крови ($R^2=0,65$; $F=195,78$; $p=0,0001$). Установлено снижение в 1,3 раза уровня АОА плазмы крови работников со стажем от 5 до 10 лет относительно работников со стажем до 5 лет ($p=0,0001$); напротив, у работников, чей стаж был более 10 лет, зафиксировано повышение уровня данного показателя в 1,2 раза аналогичного в группе работников со стажем 5–10 лет ($p=0,018$).

Таким образом установлено, что с увеличением стажа работы от 5 лет и более происходит накопление в крови химических факторов производства, обладающих повреждающим действием на клеточную мембрану, что способствует активации перекисного окисления липидов. Подтверждением этого являет-

ся повышенный уровень МДА как продукта перекисного окисления липидов что в дальнейшем является пусковым звеном в развитии негативных эффектов со стороны печени, желчевыводящих путей, органов дыхания. Изменение показателей системы крови в виде раздражения эритроцитарного роста кроветворения [6] у работников производства фталевого ангидрида и фумаровой кислоты можно расценить как адаптационную и компенсаторную реакции организма на повышенное содержание химических соединений (в частности фумаровой кислоты) в крови.

С увеличением стажа работы от 5 лет и более развитие неспецифической сенсибилизации со стороны органов дыхания можно объяснить увеличением в крови уровня о-ксилола и фталевой кислоты, обладающих сенсибилизирующим действием на организм. Нарушение выделительно-концентрационной функции желчевыводящих путей связано с развитием негативного эффекта в виде дискинезии желчевыводящих путей и согласуется с исследованиями ряда авторов о производственно-обусловленных нарушениях со стороны органов пищеварения, в том числе гастродуоденальной сферы [1].

Выводы:

1. В воздухе рабочей зоны у аппаратчиков различных этапов технологического процесса производства фталевого ангидрида и фумаровой кислоты установлено превышение концентрации фталевого ангидрида до 6,3 ПДК, малеинового альдегида до 3 ПДК; эквивалентные уровни шума на рабочих местах превышают ПДУ на 4,6 дБА, тепловая нагрузка — на 2,8 °С; трудовой процесс характеризуется тяжестью и напряженностью. Условия труда отнесены к вредным и опасным (класс 3.2) и обуславливают средний профессиональный риск возникновения нарушений здоровья.

2. В крови работников со стажем от 5 лет и более на производстве фталевого ангидрида и фумаровой кислоты зарегистрирован повышенный в 1,5 раза уровень о-ксилола, фумаровой кислоты — в 1,2 раза, фталевой кислоты — в 3,0 раза относительно данных показателей у работников с трудовым стажем до 5 лет.

3. У работников со стажем от 5 лет и более установлена достоверная стажевая зависимость в виде тенденции к изменению показателей системы крови (повышение уровня ретикулоцитов в 1,3 раза), выделительно-концентрационной функции желчевыводящих путей (повышение уровня общего и прямого билирубина в 1,2–1,3 раза), оксидантно-антиоксидантных процессов (повышение уровня МДА и АОА в 1,2 раза), развитию неспецифической сенсибилизации (повышение уровня лимфоцитов и моноцитов в 1,2 раза).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Капцов В.А. и др. Профессиональные риски здоровью работников химического комплекса // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 3 (10). — С. 88–97.

2. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Галимова Р.Р. Особенности профессиональных заболеваний и интоксикаций у работников современных нефтехимических и химических производств // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2009. — № 1 (65). — С. 59–87.

3. Гланц С. Медико-биологическая статистика / под ред. Н.Е. Бузикашвили. — М.: Практика, 1998. — 459 с.

4. Землянова М.А., Зайцева Н.В., Д.М. Шляпников, Маркович Н.И. Биохимические маркеры ранней диагностики производственно обусловленной гипертонической болезни у работников рудообогатительных производств // Мед. труда и пром. экология. — 2016. — № 8. — С. 20–25.

5. Исаев А.К. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты. В 2-х томах. Том I, II. — М.: ПАИМС, 1997. — 512 с.

6. Каримова Л.М., Башарова Г.Р., Валеева Э.Т. и др. Уровень здоровья здоровых работников в нефтяной и химической отраслях промышленности // Мед. труда и экология человека. — 2015. — № 4. — С. 270–275.

7. Лазарева Н.В., Левино Э.Н. Справочник для химиков, инженеров и врачей. В трех томах. Том II. Органические вещества. — Л.: Химия, 1976. — 624 с.

8. Продукция производства ОАО «Камтэкс-Химпром». — 2017. — URL: <http://kamtex-himprom.ru/company/production>.

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

10. Селезнев С.С., Шляпников Д.М., Шур П.З., Алексеев В.Б. [и др.]. Медико-профилактические мероприятия по снижению риска производственно-обусловленных нарушений здоровья у работников ПАО «Уралкалий» // Мат. VII Всеросс. научн.-практич. конф. с междунар. участием: в 2 т. — Пермь, 2016. — Т. 2. — С. 154–156.

11. Шаяхметов С.Ф., Дьякович М.П., Мещиков Н.М. Оценка профессионального риска нарушений здоровья работников предприятий химической промышленности // Мед. труда и пром. экология. — 2008. — № 8. — С. 27–33.

12. Экспорт отечественного фталевого ангидрида. — 2017. — URL: <http://www.sostav.ru/blogs/32702/15078>.

REFERENCES

1. Valeeva E.T., Bakirov A.B., Kapsov V.A., et al. Occupational health risks in chemical complex workers // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 3 (10). — P. 88–97 (in Russian).

2. Valeeva E.T., Bakirov A.B., Karimova L.K., Galimova R.R. Features of occupational diseases and intoxications in workers of modern chemical and petrochemical enterprises // Byulleten' VSN Ts SO RAMN. — 2009. — 1 (65). — P. 59–87 (in Russian).

3. N.E. Buzikashvili, ed. Glants S. Medical biologic statistics. — Moscow: Praktika, 1998. — 459 p. (in Russian).

4. Zemlyanova M.A., Zaytseva N.V., D.M. Shlyapnikov, Markovich N.I. Biochemical markers of early diagnosis of occupationally related arterial hypertension in workers engaged into ore mining and processing // Industr. med. — 2016. — 8. — P. 20–25 (in Russian).

5. Isayev L.K. Human exposure to hazardous and dangerous ecologic factors. Metrologic aspects. 2 volumes. — Moscow: PAIMS, 1997. — 512 p. (in Russian).

6. Karamova L.M., Basharova G.R., Valeeva E.T., et al. Health state of apparently healthy workers in oil and chemical industries // Med. truda i ekologiya cheloveka. — 2015. — 4. — P. 270–275 (in Russian).

7. Lazareva N.V., Levino E.N. Reference book for chemists, engineers and doctors. 3 volumes. Volume II. Organic compounds. — Leningrad: Himiya, 1976. — 624 p. (in Russian).

8. Production of ОАО «Kamtex-Himprom2, 2017. <http://kamtex-himprom.ru/company/production> (in Russian).

9. R 2.1.10.1920–04. Manual on public health risk under exposure to chemicals polluting environment. — Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. — 143 p. (in Russian).

10. Seleznev S.S., Shlyapnikov D.M., Shur P.Z., Alekseev V.B., et al. Medical preventive measures to decrease risk of occupationally related health disorders in workers of PAO «Uralkay» / Materials of VII Russian scientific and practical conference with international participation. 2 volumes. — Perm', 2016. — Vol 2. — P. 154–156 (in Russian).

11. Shayakhmetov S.F., D'yakovich M.P., Meshchakov N.M. Evaluation of occupational risk of health disorders in chemical industry workers // Industr. med. — 2008. — 8. — P. 27–33 (in Russian).

12. Export of domestic phthalic anhydride. 2017. <http://www.sostav.ru/blogs/32702/15078> (in Russian).

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Землянова Марина Александровна (Zemlyanova M.A.)

зав. отд. биохимич. и цитогенетич. методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук, проф. E-mail: zem@fcrisk.ru.

Кольдибекова Юлия Вячеславовна (Koldibekova J.V.)

ст. науч. сотр. лаб. метаболизма и фармакокинетики отдела биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. биол. наук. E-mail: gorodnova@fcrisk.ru.

УДК 616–057:622.272.34]–084:613.6(470.53–25)

Власова Е.М.¹, Пономарева Т.А.¹, Селезнев С.С.², Сафронов С.В.²

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ РАБОТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

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

²ПАО «УРАЛКАЛИЙ», ул. Пятилетки, 63, г. Березники, Россия, 618426

Проведена оценка эффективности профилактических мероприятий по минимизации риска воздействия производственной среды на организм работников при выполнении подземных горных работ. Сформированы две группы работников: 62 работника, выполняющие профилактические программы, и 87 работников, не выполняющих профилактические программы. Программы профилактики включали оптимальные режимы питания, физической нагрузки, курсовой прием медикаментозных препаратов (по показаниям), физиотерапию. Работникам групп высокого и очень высокого кардиориска (по шкале SCORE) была рекомендована липидоснижающая терапия. Статины принимали 22 работника в 1 группе, длительность приема на момент обследования составила 2 месяца. Анализ результатов внедрения профилактических программ показал снижение выявленных постоянных противопоказаний к выполнению отдельных видов работ в 2,5 раза.

Ключевые слова: профилактические программы; эффективность; подземные работы

Vlasova E.M.¹, Ponomareva T.A.¹, Seleznev S.S.², Safronov S.V.² **Evaluating efficiency of preventive measures to minimize risk of occupational environment influence on workers engaged into subsurface mining**

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Monastyrskaya Str., 82, Perm, Russia, 614015

²Uralkali Pyatiletky Str. 63, Berezniki, Russia, 618426

The authors assessed efficiency of prevention measures on minimizing risks of occupational influence on workers engaged into subsurface mining. 2 groups of workers were formed: 62 workers involved into prophylactic programs,

87 workers not involved into prophylactic programs. Prevention programs included optimal nutrition regime, physical exertion, periodic medicaments (on indications), physical therapy. Workers with high and extremely high cardiac risks (according to SCORE scale) were recommended treatment for serum lipids decrease. Statines were taken by 22 workers in group 1, with 2 months treatment duration before examination. Analysis of prevention programs implementation demonstrated 2,5 times decrease of constant contraindications to certain occupations.

Key words: *prevention programs; efficiency; subsurface work*

В «Концепции развития здравоохранения до 2020 года» и программе «Развитие здравоохранения в Российской Федерации» профилактика провозглашена как стратегическое направление. Социально-значимые заболевания имеют 70% трудового населения России за 10 лет до пенсионного возраста [1,4–6].

Проведена работа, направленная на повышение информированности работника о профессиональных рисках, медицинских противопоказаниях и мерах профилактики. Информирование работника проводилось при приеме на работу, при изменении условий труда, при проведении периодического медицинского осмотра (ПМО), что повысило мотивацию работника на сохранение здоровья [11].

По результатам ПМО, кроме определения принадлежности работника к диспансерной группе согласно нормативным документам, формируются группы риска на развитие заболевания от воздействующего фактора производства. Внедрены медико-профилактические мероприятия в соответствии с разработанными ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения» и утвержденными Управлением Роспотребнадзора нормативно-методическими документами [3,7,9,10]. Оценка риска проводится в динамике.

Комплекс производственных факторов в условиях подземных горных работ формирует высокий риск развития болезней системы кровообращения (БСК) — МКБ–10 (класс IX), прежде всего артериальной гипертензии (АГ), болезней уха и сосцевидного отростка — МКБ–10 (класс VIII) (нейросенсорная тугоухость (НСТ)). Указанные нарушения здоровья являются медицинскими противопоказаниями (БСК даже в стадии компенсации) при выполнении подземных работ.

Цель: оценить эффективность профилактических мероприятий по минимизации риска воздействия производственной среды на организм работников при выполнении подземных горных работ в условиях интеграции службы охраны труда и медицины труда.

Материалы и методы. Проведен анализ медицинской документации (медицинские карты амбулаторного (6836 единиц) и стационарного больного Центра медицины труда и профпатологии (Центра) (72 единицы), медицинские карты ПМО (12575 единиц), заключительные акты по результатам ПМО (3А ПМО) работников предприятия), результатов специальной оценки условий труда, оценка степени причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой в соответствии с Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке

профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» с расчетом показателей относительного риска (RR) и этиологической доли ответов, обусловленной воздействием фактора профессионального риска (EF). Для оценки достоверности полученных данных использовался 95%-й доверительный интервал (CI). Обследован 7921 работник в рамках ПМО, 150 машинистов горных выемочных машин (ГВМ) и 70 работников наземных специальностей (все мужчины) в динамике. Проведено обследование: клиническое, лабораторное (глюкоза, общий холестерин (ОХ), липопротеиды высокой плотности (ЛПВП), низкой плотности (ЛПНП), очень низкой плотности (ЛПОНП), триглицериды, индекс атерогенности (ИА), малоновый диальдегид (МДА), антиоксидантная активность плазмы (АОА), гидроперекиси липидов (ГПА), оксид азота (NO), гомоцистеин), инструментально-функциональные (артерий верхних и нижних конечностей для оценки жесткости артериальных сосудов по показателям САVI (сердечно-лодыжечный сосудистый индекс) и ABI (лодыжечно-плечевой индекс), ультразвуковое исследование (УЗИ) плечевой артерии (ПА) в пробе эндотелия зависимой вазодилатации, экстракраниальных отделов брахицефальных артерий (БЦА) с оценкой толщины комплекса интима-медиа (КИМ), спирография, кардиоинтервалография (КИГ), аудиометрия) обследования.

Для оценки эффективности программ первичной профилактики (ППП) сформированы группы: 1–62 работника, возраст — $35,9 \pm 6,6$ год, стаж работы $7,2 \pm 6,0$ лет, выполняющие в течение года ППП; 2–87 работников, возраст — $36,3 \pm 6,3$ лет, стаж работы $8,2 \pm 5,5$ лет, не выполняющие ППП.

Программа включала: профилактическое консультирование специалистом, рекомендации по питанию, физической нагрузке, образу жизни, курсовой прием медикаментозных препаратов — 14-дневный курс витрум-антиоксиданта (Vitrum® Antioxydant, поливитамины в комбинации с микроэлементами) и мельдония (кардионата 500 мг) по 1 таблетке утром. Назначалась физиотерапия (переменное магнитное поле на заднюю по верхность шеи). Работникам групп высокого и очень высокого кардиориска (по шкале SCORE) была рекомендована липидоснижающая терапия (Аторвастатин) 10 мг вечером. Статины принимали 22 работника в 1 группе, длительность приема на момент обследования составила 2 месяца.

Результаты и их обсуждение. Условия труда на 100% рабочих мест машинистов ГВМ «вредные», со степенью вредности 3 (3.3).

Приоритетной патологией является АГ, НСТ. Установлено увеличение количества работников со снижением слуха при увеличении длительности экспозиции производственного шума по результатам аудиограмм (при стаже работы до 5 лет у 5% работников наблюдались признаки воздействия шума при удовлетворительном состоянии слуховой функции) и шепотной акуметрии (при стаже от 5,1 до 10 лет у 22,2% работников — признаки воздействия шума, у 5,6% работников — НСТ легкой степени. При стаже 20 лет и более у 16,7% работников — признаки воздействия шума; у 33,3% работников — НСТ легкой степени, у 11,1% работников — НСТ средней степени).

Обращает на себя внимание наличие эндотелиальной дисфункции у работников после 5 лет работы (ежегодный темп снижения функции эндотелия выше естественного и достигает 0,62% в год).

КИГ показала нарушение исходного уровня адаптации у 20% всех обследованных работников (15,7% нарушение гомеостаза, 4,3% — истощение адаптации). Нарушения регуляции выявлены у 41,5% работников (снижение реактивности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ПСВНС) — в 25% случаев, снижение реактивности симпатического отдела вегетативной нервной системы (СВНС) — в 53% случаев, повышение реактивности СВНС — в 31,3% случаев; в 9,3% случаев состояние нейрогуморальной регуляции характеризуется низким уровнем вагальных и симпатических влияний и умеренными гуморально-метаболическими (церебральными эрготропными) влияниями в модуляции сердечного ритма). Вегетативное обеспечение деятельности характеризуется сниженной активацией СВНС у 27% работников в группе наблюдения.

УЗИ БЦА выявило локальное утолщение КИМ в 10,23% случаев у обследованных ($p=0,0001$).

По лабораторным данным отмечено повышение содержания гомоцистеина у 10,5% ($p=0,02$), NO в сыворотке крови в 13,9% случаев ($p=0,004$) от всех обследованных работников; снижение ЛПВП ($1,1 \pm 0,07$ ммоль/дм³; $p=0,02$), повышение ЛПНП ($4,2 \pm 0,7$ ммоль/дм³; $p=0,02$) и ЛПОНП ($1,1 \pm 0,2$ ммоль/дм³; $p=0,01$); истощение ресурсов антиоксидантной защиты (доля проб с пониженным содержанием АОА у 51,5% работников; кратность превышения — 1,8

раза; $p=0,001$) на фоне активации процессов перекисного окисления липидов. Среднее содержание МДА в плазме крови составило $3,5 \pm 0,1$ мкмоль/см³; $p=0,000$). Количество проб с повышенным уровнем МДА составило 87,9% ($p=0,000$), гидроперекиси липидов в сыворотке крови — 55,6% ($p=0,000$).

По результатам оценки риска установлены статистически достоверные причинно-следственные связи для БСК ($RR=2,34$, 95% CI=1,04–5,26, EF=37%), заболеваний КМС ($RR=1,84$, 95% CI=1,05–3,24, EF=46%), увеличения толщины КИМ ($RR=3,38$, CI=1,67–2,68, EF=70%), пониженного содержания ЛПВП ($RR=1,39$, 95% CI=1,15–1,67, EF=53%); повышенного содержания глюкозы в крови ($RR=4,02$, 95% CI=1,67–9,68, EF=75%); повышенного уровня МДА ($RR=1,86$, 95% CI=1,50–2,31, EF=46%), пониженного содержания АОА ($RR=1,82$, 95% CI=1,18–2,81, EF=45%).

На основании полученных результатов разработаны и внедрены ППП АГ и НСТ с последующей оценкой эффективности [2,8–10].

Установлено, что у работников 1-й группы наблюдается снижение уровня ОХ, глюкозы; повышение уровня ЛПВП. У работников 2-й группы при повторном обследовании установлена тенденция к ухудшению состояния здоровья (таблица).

При оценке лабораторных показателей в 1-й группе отмечено снижение числа работников с повышенным содержанием гомоцистеина (до проведения ППП у 21,8% обследованных работников ($67,8 \pm 10,8$ мкмоль/см³), после — у 12,3% работников ($45,9 \pm 12,3$ мкмоль/см³; $p=0,02$); с повышенным содержанием NO (13,9% случаев до проведения ППП, 9,2% случаев после ($254,2 \pm 29,6$ мкмоль/см³); $p=0,04$). Оценка вазомоторной функции эндотелия показала уменьшение доли работников с патологической реакцией ПА (до проведения ППП — 20%, после проведения — 4,8%; $p=0,02$);

УЗИ БЦА показало улучшение состояния эндотелия сосудов у работников в 1 группе. При исследовании после проведения ППП установлено уменьшение толщины КИМ.

Анализ причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой выявил следующие значения для: уровня ЛПВП (до ППП $RR=1,39$, 95% CI=1,15–1,67, EF=53%; после — $RR=1,27$, 95% CI=0,98–1,65,

Таблица

Сравнительная динамика биохимических показателей крови в группах за 2 года наблюдения

Показатель (M±m)	Группа 1 (n=62)			Группа 2 (n=87)		
	до проведения мероприятий	после проведения мероприятий	Р	до проведения мероприятий	после проведения мероприятий	Р
**Общий холестерин, ммоль/л	5,73±0,48	4,85±0,15	* $p<0,05$	5,78±0,49	6,14±0,42	* $p<0,05$
**Липопротеины высокой плотности, ммоль/л	1,18±0,08	1,47±0,18	* $p<0,01$	1,18±0,08	1,14±0,09	$p>0,05$
**Глюкоза, ммоль/л	6,05±0,07	5,35±0,	* $p<0,05$	6,05±0,07	6,25±0,09	$p>0,05$
**hsC-реактивный белок	6,05±0,06	5,35±0,07	* $p<0,05$	6,05±0,06	6,15±0,06	$p>0,05$

Примечание. р — различия $<0,05$; * внутри группы; ** межгрупповые.

EF=33%), индекса атерогенности (до ППП RR=1,69, 95% CI=1,32–2,15; EF=41%; после — относительный риск отсутствует), глюкозы в крови (до ППП RR=4,02, 95% CI=1,67–9,68; EF=75%; после — RR=3,63, 95% CI=1,33–9,96; EF=72%), толщины КИМ (до ППП RR=3,38, EF=70%; после — RR=2,13, EF=53%).

При существующих уровнях воздействия производственных факторов для исследуемой группы моделирование зависимости «экспозиция — эффект (ответ) — стаж» для развития БСК показало изменение интегрального риска при проведении медико-профилактических мероприятий. При уровне шума в 83–94 дБА риск развития БСК возрастает от 0,37–0,48 на 1 году работы до 0,40–0,51 при стаже 5 лет и 0,45–0,56 при стаже работы 10 лет. После проведения профилактических мероприятий риск снижается в 3,1 раза. Для популяционного риска: до внедрения ППП впервые установлен диагноз по классу заболеваний «БСК» за год 14 работникам, занятым на выполнении подземных горных работ. По нозологическим формам выявлено 7 случаев АГ, 5 случаев атеросклероза БЦА, 2 случая атеросклероза артерий нижних конечностей. В соответствии с установленным риском развития заболеваний для 40% работников развитие заболеваний обусловлено факторами производственной среды (6 случаев). После проведения ППП за год выявлено 10 работников с впервые установленными диагнозами по классу заболеваний «БСК» (1 случай АГ, 8 случаев атеросклероза БЦА, 1 случай атеросклероза артерий нижних конечностей). Установлено, что только для 13% работников развитие заболеваний обусловлено факторами производственной среды (1 случай).

До проведения ППП уровень артериального давления (АД) выше 140/90 мм. рт. ст. был зарегистрирован у 34% работников 1-й группы, после — у 14% работников исследуемой группы ($p=0,00$).

При анализе заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) установлено, что в 1-й группе работников ЗВУТ по причине БСК не было (в год, предшествующий проведению ППП 3,23 случая и 40,3 дня на 100 работающих). Во 2-й группе работников показатели ЗВУТ по причине БСК увеличились и составили: 9,19 случаев и 49,4 дня на 100 работающих (в предшествующий год: 3,45 случаев и 46,1 дней на 100 работающих).

Анализ результатов ПМО за период с 2012 по 2016 г. показал, что число работников, имеющих постоянные противопоказания к выполнению отдельных видов работ, снизилось в 2,5 раза при внедрении с 2013 г. ППП АГ и НСТ и имеет стабильный показатель (0,4% от общего количества работников, прошедших ПМО). За период 2013–2016 гг. только 11 работникам подземных профессий установлено профессиональное заболевание НСТ; 49 работников имеют противопоказания к подземным работам (0,6%).

Выводы:

1. Сравнительный анализ результатов обследования до и после проведения ППП при выполнении подземных

горных работ показал изменение интегрального риска при моделировании зависимости «экспозиция — эффект (ответ) — стаж».

2. В случае развития БСК риск снижается в 3,1 раза; достоверно снижается степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой после проведения профилактических мероприятий.

3. В случае снижения уровня АПВП причинно-следственная связь с условиями труда недостоверна (RR=1,27, 95% CI=0,98–1,65); повышенное содержание глюкозы в крови — снижение этиологической доли и относительного риска (RR=3,63, 95% CI=1,33–9,96; EF=72%); толщина КИМ — снижение этиологической доли и относительного риска (RR=2,13, EF=53%).

4. До проведения ППП впервые установлен диагноз АГ 7 работникам за год, после — 1 случай АГ за год. За период 2013–2016 гг. 11 работникам подземных профессий установлено профессиональное заболевание НСТ. Внедрение на предприятии ППП позволило сократить трудовые потери, что экономически выгодно и работнику и работодателю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришина Л.П. Характеристика инвалидности населения трудоспособного возраста в Российской Федерации // Профессия и здоровье: материалы VI Всероссийского конгресса (30 окт. — 1 нояб. 2007 г., Москва). — М.: Дельта, 2007. — С. 476–479.
2. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З., Кирьянов Д.А. Методические подходы к оценке результативности и экономической эффективности риск-ориентированной контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. — 2014. — №1. — С. 4–11.
3. Зайцева Н.В., Шур П.З., Май И.В., Сбоев А.С., Волк-Леонидович О.П., Нурисламова Т.В. Комплексные вопросы управления риском здоровью в решении задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия на муниципальном уровне // Гиг. и санит. — 2007. — № 5. — С. 16–18.
4. Измеров Н.Ф. Национальный проект «Здоровье» — роль медицины труда // Мед. труда и пром. экология. — 2007. — №12. — С. 4–8.
5. Оганов Р.Г. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний в России: успехи, неудачи, перспективы // Терапевтический архив. — 2004. — № 6. — С. 22–24.
6. Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний — реальный путь улучшения демографической ситуации в России // Кардиология. — 2007. — Т. 47. — № 1. — С. 4–7.
7. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. — М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. — 738 с.
8. Программа реабилитации и диспансеризации больных профессиональной нейросенсорной тугоухостью: Методические рекомендации. — Пермь: Федеральная служба по надзору

в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. — 45 с.

9. Профилактика артериальной гипертензии у работников, занятых на выполнении подземных горных работ: Метод. рекомендации. — Пермь: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2014. — 36 с.

10. Ранняя диагностика заболеваний, связанных с воздействием производственного шума (шумовые эффекты внутреннего уха и нейросенсорная тугоухость): Методические рекомендации. — Пермь: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2013. — 29 с.

11. Руководство «Профессиональный риск для здоровья работников» / Под. ред. акад. РАМН Н.Ф. Измерова. — М.: «Тривант», 2003. — 442 с.

REFERENCES

1. Grishina L.P. Characteristics of disablement in able-bodied age population in Russian Federation // Occupation and health: materials of VI Russian congress (30 October — 1 November 2007, Moscow). — Moscow: Del'ta, 2007. — P. 476–479 (in Russian).

2. Zaytseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A. Methodic approaches to evaluation of potency and economical efficiency of risk-oriented control and supervision activity of Rospotrebnadzor // Analiz riska zdorov'yu, 2014. — 1. — P. 4–11 (in Russian).

3. Zaytseva N.V., Shur P.Z., May I.V., Sboev A.S., Volk-Leonidovich O.P., Nurislamova T.V. Complex topics of health risk management in solving problems of sanitary epidemiologic well-being on municipal level // Gig. i sanit. — 2007. — 5. — P. 16–18 (in Russian).

4. Izmerov N.F. National project «Health» — role of occupational medicine // Industr. med. — 2007. — 12. — P. 4–8 (in Russian).

5. Oganov R.G. Prevention of cardiovascular diseases in Russia: success, failures, prospects // Terapevticheskiy arkhiv. — 2004. — 6. — P. 22–24 (in Russian).

6. Oganov R.G., Maslennikova G.Ya. Prevention of cardiovascular diseases — real way to improve demographic situation in Russia // Kardiologiya. — 2007. — Vol 47. — 1. — P. 4–7 (in Russian).

7. Onishchenko G.G., Zaytseva N.V., May I.V., et al. Analysis of health risk in strategy of state social economic development. Monograph. G.G. Onishchenko, N.V. Zaytseva. — Perm': Izd-vo Perm. nats. issled. politekhn. un-ta, 2014. — 738 p. (in Russian).

8. Program of rehabilitation and medical examination of patients with occupational neurosensory deafness: Methodic recommendations. — Perm': Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka, 2015. — 45 p. (in Russian).

9. Prevention of arterial hypertension in workers engaged into subsurface mining: Methodic recommendations. — Perm': Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka, 2014. — 36 p. (in Russian).

10. Early diagnosis of diseases related to influence of occupational noise (noise effects of inner ear and neuro-sensory deafness): Methodic recommendations. — Perm': Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka, 2013. — 29 p. (in Russian).

11. Izmerov N.F., ed. Manual «Occupational risk for workers' health». — Moscow: «Trovant», 2003. — 442 p. (in Russian).

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Власова Елена Михайловна (Vlasova E.M.)

зам. зав. клиникой профпат. и мед. труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровьем населения», канд. мед. наук. E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru.

Пономарева Татьяна Андреевна (Ponomareva T.A.)

врач-профпат. клиники профпат. и мед. труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровьем населения» E-mail: ponomarev-tatyan@yandex.ru.

Селезнев Станислав Сергеевич (Selesnev S.S.)

дир. по охр. труда, пром. безопасности и охране окр. среды ПАО «Уралкалий» E-mail: Stanislav.Selesnev@uralkali.com.

Сафронов Сергей Владимирович (Safronov S.V.)

нач. отд. охр. труда упр. по ОТ и ПБ дирекции по ОТ, ПБ и ООС ПАО «Уралкалий» E-mail: Sergey.Safronov@uralkali.com.

УДК 616.12–008.318–06:613.63/.65]:614.29

Носов А.Е.¹, Власова Е.М.¹, Алексеев В.Б.¹, Агафонов А.В.²

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОФПРИГОДНОСТИ РАБОТАЮЩИХ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА ПРИ НАРУШЕНИЯХ РИТМА И ПРОВОДИМОСТИ СЕРДЦА

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

²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения России, 26, ул. Петропавловская, Пермь, Россия, 614000

Нарушения ритма сердца (НРС) и проводимости представляют значимую проблему при экспертизе профпригодности и работников во вредных (опасных) условиях труда. Приоритетными факторами, влияющими на экспертные решения, являются потенциальная возможность потери сознания и внезапной сердечной смерти. Разработаны принципы принятия решения по экспертизе профпригодности при нарушениях ритма и проводимости сердца, основанные на систематизированной релевантной информации, включенной в нормативные документы. Систематизированы данные по экспертизе профпригодности при нарушениях ритма и проводимости и даны рекомендации по их применению с учетом стратификации сердечно-сосудистого риска.

Ключевые слова: нарушения ритма и проводимости; экспертиза профпригодности; трудовой прогноз

Nosov A.E.¹, Vlasova E.M.¹, Alekseev V.B.¹, Agafonov A.V.² **On examination of occupational fitness of workers exposed to occupational hazards, with cardiac rhythm and conductivity disorders**

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

²Perm State Medical University named after Academician E. A. Wagner, 26, Petropavlovskaya Str., Perm, Russia, 614000

Cardiac rhythm and conductivity disorders are significant problems in occupational fitness examination for workers with hazardous work conditions. Priority factors influencing the examiners decisions are possibilities of unconsciousness and sudden cardiac death. The authors specified principles of decisions in occupational fitness examination for cardiac rhythm and conductivity disorders, based on systemic relevant information included into regulation documents. The article systematizes data on occupational fitness examination for cardiac rhythm and conductivity disorders, presents recommendations on their implementation with cardiovascular risk stratification.

Key words: rhythm and conductivity disorders; occupational fitness examination; work prognosis

Обеспечение личной и общественной безопасности при работах во вредных (опасных) условиях труда является актуальной проблемой медицины труда [2,7]. Болезни системы кровообращения (БСК) продолжают занимать первое место в структуре смертности населения РФ [5].

Одним из главных критериев при экспертизе профпригодности является прогнозирование изменений состояния здоровья работника, которое выражается в стратификации риска. Стратификация риска при решении вопросов профпригодности позволяет врачу оценить безопасность возвращения пациентов к работе, сохранение профпригодности, влияющей на личную и общественную безопасность. Основным лимитирующим фактором при экспертизе профпригодности при БСК и нарушениях ритма сердца является возможность внезапной потери сознания. Типичным примером такой ситуации является вождение наземных транспортных средств, где потеря сознания может явиться угрозой безопасности [1].

Основным нормативным документом, который применяется при экспертизе профпригодности, является приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 г. №302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» (в ред. приказов Минздрава России от 15.05.2013 г. №296н, от 05.12.2014 г. №801н — далее Приказ №302н). Непосредственно НРС и проводимости, как противопо-

казания к выполнению работ, в указанном документе представлены очень ограниченно. При этом для ряда работ противопоказания сформулированы как «хронические болезни сердца и перикарда, даже при наличии компенсации», что ставит вопрос о квалификации тех или иных НРС и проводимости как допустимых у здоровых лиц или лиц с патологией.

Жизнеугрожающие аритмии, такие, как желудочковая тахикардия (ЖТ) или фибрилляция желудочков (ФЖ) предполагают наибольший риск внезапной потери сознания. Такие НРС, как фибрилляция предсердий (ФП) и трепетание предсердий, увеличивают риск тромбо-эмболических осложнений, которые при возникновении во время выполнения опасных работ могут повлечь внезапное нарушение способности к выполнению данной работы [11].

Цель работы: предложить основанные на доказательных данных и нормативных документах систематизированные принципы принятия решения по экспертизе профпригодности при НРС и проводимости.

Материалы и методы. Материалы подготовлены на основании исследований и экспертной практики сотрудников клиники профпатологии и медицины труда ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения», действующей нормативной базы, современных клинических рекомендаций.

Результаты. В повседневной клинической практике врачам профпатологам, терапевтам, кардиологам, принимающим участие в экспертизе профпригодности, необходимо принимать экспертные решения при ряде НРС и проводимости.

Фибрилляция предсердий (ФП)

Наджелудочковая аритмия, характеризующаяся отсутствием систолы предсердий и сопровождающая-

яся нерегулярными сокращениями желудочков сердца. На ЭКГ характерными признаками ФП являются: абсолютно нерегулярные интервалы RR; отсутствие отчетливых зубцов Р и замещение их волнами фибрилляции f с частотой 350–600/мин. ФП ассоциируется с увеличением смертности, частоты инсульта и других тромбоэмболических осложнений, сердечной недостаточности и госпитализаций. Наиболее серьезным осложнением ФП является развитие тромбоэмболического инсульта. Вероятность развития инсульта зависит от ряда факторов риска, которые суммированы в виде баллов в шкале CHA₂DS₂-VASc. Если сумма баллов по шкале CHA₂DS₂-VASc равна или превышает 2 балла, то следует рекомендовать терапию пероральными антикоагулянтами для профилактики осложнений [8].

Желудочковые нарушения ритма и внезапная сердечная смерть

Желудочковые нарушения ритма считаются одним из основных факторов внезапной сердечной смерти (ВСС). Желудочковая экстрасистолия (ЖЭС) — аритмия, возникающая в желудочках сердца, при которой на ЭКГ регистрируются внеочередные комплексы QRS, которые расширены (более 120 мс), деформированы и имеют дискордантное смещение сегмента ST и зубца Т. Перед комплексом QRS отсутствует зубец Р. Компенсаторная пауза, как правило, полная. Желудочковая тахикардия (ЖТ) — аритмия, возникающая в желудочках сердца с частотой сердечных сокращений от 100 до 250 в мин. (3 и более комплексов). На ЭКГ комплексы QRS широкие (более 120 мс).

ВСС манифестируется внезапной потерей сознания в течение 1 часа с момента возникновения острых симптомов. К основным факторам риска ВСС относятся [1,10]:

- эпизод остановки сердца в анамнезе и/или гемодинамически значимая устойчивая ЖТ;
- указание в анамнезе на перенесенный инфаркт миокарда;
- синкопальные эпизоды;
- выявленная при инструментальном обследовании систолическая дисфункция, сопровождающаяся снижением фракции выброса левого желудочка менее 40%;
- ЖЭС и/или эпизоды неустойчивой ЖТ.

В соответствии с действующими рекомендациями для определения риска ВСС при нарушениях ритма и проводимости рекомендуется использовать классификацию по R. Fogoros (таблица) [10].

Синдром слабости синусового узла (СССУ) — это сочетание клинических и электрокардиографических признаков, указывающих на повреждение синусового узла (СУ) и/или синоатриальной зоны, т. е. снижение ритмогенной активности СУ и нарушение проведения импульсов к предсердиям.

К СССУ относят очерченный круг аритмий и блокад, имеющих отношение к СУ [6]:

- упорная выраженная синусовая брадикардия;

- определяемая при суточном мониторинге ЭКГ минимальная ЧСС менее 40 в минуту и ее рост при нагрузке менее 90 в минуту;

- брадисистолическая форма ФП
- миграция предсердного водителя ритма;
- остановка СУ и замена его другими эктопическими ритмами;

- СА-блокада и паузы вследствие нее более 2,5–3 секунд;

- синдром «брадикардия-тахикардия»;
- редкие приступы ЖТ;
- медленное и нестойкое восстановление функции СУ после экстрасистол, пароксизмов тахикардии, а также при проведении электрофизиологического исследования сердца;

- неадекватное урежение ритма на фоне приема даже небольших доз бета-блокаторов, неадекватное учащение ритма после введения атропина или физической нагрузки.

На ранних стадиях СССУ может протекать бессимптомно даже при наличии значительных пауз. При прогрессировании пациенты отмечают симптомы, связанные с брадикардией, гипоперфузией головного мозга, миокарда. Обмороки кардиальной природы характеризуются отсутствием ауры, внезапностью возникновения [6].

Таблица

Риск ВСС у пациентов с нарушением ритма и проводимости по R. Fogoros (2006 г.)

Риск	Синдром
Высокий	• фибрилляция желудочков; • ЖТ; • АВ-блокада III степени с низкой частотой замещающего ритма • синдром WPW с антероградным проведением по дополнительным проводящим путям на фоне ФП
Средний	• ЖЭС на фоне структурной патологии сердца; • АВ-блокада II степени; • АВ-блокада III степени с адекватной частотой замещающего ритма; • ФП
Низкий	• предсердная экстрасистолия; • ЖЭС без структурной патологии сердца; • СВТ; • АВ-блокада I степени

Атрио-вентрикулярные блокады (АВ-блокады) характеризуются задержкой или прекращением проведения импульсов из предсердий через атрио-вентрикулярный узел, пучок Гиса и его ножки к желудочкам. АВ-блокада I степени характеризуется замедлением прохождения импульса от предсердий к желудочкам. На ЭКГ это проявляется удлинением интервала PQ более 0,20 с. В большинстве случаев интервал PQ составляет 0,21–0,35 с и является постоянным во всех

комплексах. При АВ-блокаде II степени наблюдаются более глубокие нарушения проводимости, и не все импульсы проводятся к желудочкам. Количество предсердных зубцов при этом превышает количество желудочковых комплексов. Выделяют 2 типа АВ-блокады II степени: АВ-блокада II степени с периодами Венкебаха (первый тип Мебитца) и АВ-блокада II степени 2 типа (второй тип Мебитца). При АВ-блокаде III степени отсутствует проведение импульсов через атрио-вентрикулярное соединение от предсердий к желудочкам. Предсердия возбуждаются из синусового узла, а желудочки из атрио-вентрикулярного узла или эктопических очагов автоматизма II или III порядка. Может развиваться выраженная брадикардия с неэффективной гемодинамикой. На ЭКГ наблюдается полная диссоциация между зубцами Р и комплексами QRS [3,4,9]. Клиническая картина гемодинамически значимых АВ-блокад обусловлена брадикардией, паузами и сходна с таковой при СССУ.

Экспертиза профпригодности при НРС

При проведении экспертизы профпригодности необходим тщательный анализ клинической картины, медицинской документации, условий труда работника. Необходимо определить прогноз в отношении НРС и его возможное влияние на способность пациента выполнять трудовые функции, учитывая требования личной и общественной безопасности.

При проведении экспертизы профпригодности при НРС необходимо представить следующие документы:

- амбулаторная карта, содержащая полную информацию о течении заболевания, проведенных реабилитационных мероприятиях, проводимой медикаментозной терапии, функциональном статусе пациента на момент экспертизы;
- карта специальной оценки условий труда, оформленной в соответствии с Федеральным законом «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 г №426-ФЗ;

- копия трудовой книжки.

Общие медицинские противопоказания к работе во вредных и опасных условиях труда определены приложением №3 к приказу №302н, п. 48. В отношении НРС таковыми являются:

- нарушение проводимости (синоаурикулярная блокада III степени, слабость синусового узла);
- пароксизмальные нарушения ритма с потенциально злокачественными желудочковыми аритмиями и нарушениями гемодинамики;
- синкопальные синдромы различной этиологии.

Специальные медицинские противопоказания к работе в условиях воздействия вредных факторов или определенных видов работ при НРС приведены в приложениях №1 и №2 приказа №302н.

Этапы экспертизы профпригодности

Первый этап. При проведении экспертизы профпригодности при НРС на основании клинико-инструментального обследования необходимо установить отсутствие или незначительные нарушения функции

сердечно-сосудистой системы (ССС), отсутствие (наличие) синкопальных состояний и злокачественных и потенциально злокачественных НРС.

При общих противопоказаниях (при их исходном наличии) допуск к профессии при НРС осуществляется следующим образом:

- При желудочковых нарушениях ритма невысоких градаций (не выше второй градации по классификации Lown-Ryan) даже при наличии структурной патологии сердца и отсутствии нарушений гемодинамики (синкоп, гипотензии) работники допускаются к работам с вредными и опасными факторами. При наличии злокачественных желудочковых НРС с показаниями для имплантации кардиовертеры-дефибрилляторов (ИКД) (ЖТ, ФЖ, ВСС в анамнезе) работники отстраняются от работ с вредными и опасными факторами. Успешное медикаментозное или инвазивное лечение НРС является поводом к повторному освидетельствованию работника.

- При появлении симптомных нарушений проводимости (синоаурикулярная блокада III степени, слабость синусового узла) работники отстраняются от работ с вредными и опасными факторами до успешного устранения СССУ (имплантация искусственного водителя ритма (ИВР), другие методы терапии);

- При синкопальных синдромах при НРС и проводимости работники отстраняются от работ с вредными и опасными факторами до успешного устранения причины синкоп (лечение потенциально злокачественных НРС, РЧА, ИВР и др.).

Вторым этапом экспертизы профпригодности при НРС является оценка специальных противопоказаний к профессии при воздействии отдельных производственных факторов.

Абсолютные противопоказания к работе во вредных (опасных) условиях труда при хронических болезнях ССС, даже при наличии компенсации, устанавливаются при воздействии никеля и его соединений, сероуглерода, алифатических галогенопроизводных углеводородов, цианистых соединений, а также работах, связанных с обслуживанием сосудов, находящихся под давлением для работников службы газнадзора (заболевания, препятствующие работе в противогазе).

Заболевания ССС, даже при наличии компенсации (в том числе и при НРС), являются противопоказанием к допуску к работе работников газоспасательной службы, пожарной охраны, аварийно-спасательных служб по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также работников, занятых на подземных работах и работах, выполняемых с применением изолирующих средств индивидуальной защиты и фильтрующих противогазов с полной лицевой частью.

Особое место занимают случаи экспертизы у пациентов с синдромами головокружения, причиной которых являются НРС. С одной стороны, эпизоды головокружения могут стать причиной несчастных

случаев на производстве, представлять опасность для жизни и здоровья окружающих. С другой стороны, использование современных методов медикаментозного и инвазивного лечения помогает надежно купировать гемодинамические нарушения. Исключением являются сино-атриальная и АВ-блокады III степени с низкой частотой замещающего ритма, при которых отказ или дисфункция ИВР может быть фатальным.

При синдроме головокружения имеются противопоказания для следующих работ:

- работы на высоте и верхолазные работы;
- работы по валке, сплаву, транспортировке, первичной обработке, охране и восстановлению лесов;
- работы в особых географических регионах со значительным удалением мест проведения работ от медицинских учреждений, оказывающих специализированную медицинскую помощь;
- работы, непосредственно связанные с применением легковоспламеняющихся и взрывчатых материалов, работы во взрыво- и пожароопасных производствах;
- работы в военизированной охране, службах спецсвязи, аппарате инкассации, банковских структурах, других ведомствах и службах, которым разрешено ношение оружия;
- работы, выполняемые непосредственно на механическом оборудовании, имеющем открытые движущиеся (вращающиеся) элементы конструкции;
- работы под водой, выполняемые работниками, пребывающими в газовой среде в условиях нормального давления.

При экспертизе профпригодности водителей наземных транспортных средств противопоказания при НРС для категории А, С, СЕ, D устанавливаются при наличии НРС высокой градации: желудочковые НРС выше 3 градации по Lown-Ryan на фоне структурной патологии сердца со снижением фракции выброса менее 40%, имплантированном ИКД по поводу ФЖ, ЖТ, ВСС.

Противопоказанием для данных категорий являются также гемодинамически значимые СБТ до достижения контроля симптомов, а также тяжелые брадиаритмии (декомпенсированный СССУ, сино-атриальная и АВ-блокады III степени с низкой частотой замещающего ритма).

Выводы:

1. При оценке прогноза при НРС необходимо учитывать множество клинических и инструментальных особенностей заболевания, пользоваться шкалами стратификации риска.
2. Необходимо применять современные медикаментозные и инвазивные методы лечения для улучшения прогноза при НРС, применение которых позволяет добиться значимого снижения травматизма, связанного с внезапными синкопами на фоне НРС.
3. В перспективе необходимо совершенствование нормативно-правовой базы экспертизы профпригод-

ности на основе новых знаний о патогенезе, прогнозе и методах лечения НРС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 11)

1. Болезни сердца и сосудов. Рук-во Европейского общества кардиологов / под. ред. А.Д. Кэмма, Т.Ф. Люшера, П.В. Серриуса; пер. с англ. под ред. Е.В. Шляхто. — М.: Гэотар-Медиа, 2011. — 1480 с.
2. Зайцева Н.В., Шур П.З., Атискова Н.Г., Камалтдинов М.Р. Методические подходы к обоснованию гигиенических нормативов по критериям риска здоровью // Анализ риска здоровью. — 2014. — № 3. — С. 19–25.
3. Кардиология. Национальное руководство (краткое издание) / под ред. Ю.Н. Беленкова, Р.Г. Оганова. — М.: Гэотар-Медиа, 2012. — 848 с.
4. Поздняков Ю.М. Практическая кардиология. — М.: Бином, 2007. — 775 с.
5. Российский статистический ежегодник. 2015 / Статистич. сб. — М.: Росстат, 2015. — 728 с.
6. Снеткова А.А., Задонченко В.С., Шемян Г.Г., Щикота А.М., Ялымов А.А. Диагностика синдрома слабости синусового узла // Consilium-medicum. — 2013. — Т. 15. — №1. — С. 87–92.
7. Соловьев В.Ю. Концепция выделения групп повышенного риска среди персонала производств с опасными условиями труда // Анализ риска здоровью. — 2013. — №3. — С. 27–33.
8. Сулимов В.А., Голицын С.П., Панченко Е.П. и др. Диагностика и лечение фибрилляции предсердий. Рекомендации РКО, ВНОА и АССХ // Росс. кардиолог. ж-л. — 2013. — № 4S3 (102). — С. 1–100.
9. Шестаков В.Н. Диагностика и лечение аритмий сердца. — СПб: ДЕАН, 1999. — 280 с.
10. Шляхто Е.В., Арутюнов Г.П., Беленков Ю.Н., Ардашев А.В. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти // Архив внутренней медицины. — 2013. — №4. — С. 5–15.

REFERENCES

1. A. D. Kemm, T.F. Lyusher, P.V. Serrius, eds. Diseases of heart and vessels. Manual of European cardiologic society. Translated from English E.V. Shlyakhto, ed. — Moscow: Geotar-Media, 2011. — 1480 p. (in Russian).
2. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Atiskova N.G., Kamaltdinov M.R. Methodic approaches to justifying hygienic norms on health risk criteria // Analiz riska zdorov'yu. — 2014. — 3. — P. 19–25 (in Russian).
3. Yu.N. Belenkov, R.G. Oganov, eds. Cardiology. National manual (brief edition) . — Moscow: Geotar-Media, 2012. — 848 p. (in Russian).
4. Pozdnyakov Yu.M. Practical cardiology. — Moscow: Binom, 2007. — 775 p. (in Russian).
5. Russian statistic annual. 2015 / Statistic collection. — Moscow: Rosstat, 2015. — 728 p. (in Russian).
6. Snetkova A.A., Zadionchenko V.S., Shekhyan G.G., Shchikota A.M., Yalymov A.A. Diagnosis of sinus node weakness syndrome // Consilium-medicum. — 2013. — Vol 15. — 1. — P. 87–92 (in Russian).

7. Solov'ev V.Yu. Concept of defining high risk groups among personnel with hazardous work conditions // Analiz riska zdorov'yu. — 2013. — 3. — P. 27–33 (in Russian).

8. Sulimov V.A., Golitsyn S.P., Panchenko E.P., et al. Diagnosis and treatment of auricular fibrillation. Recommendations of RKO, VNOA i ASSKh // Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal. — 2013. — 4S3 (102). — P. 1–100 (in Russian).

9. Shestakov V.N. Diagnosis and treatment of cardiac arrhythmias. — St-Petersburg: DEAN, 1999. — 280 p. (in Russian).

10. Shlyakhto E.V., Arutyunov G.P., Belenkov Yu.N., Ardashev A.V. National recommendations on determining risk and prevention of sudden cardiac death // Arkhiv vnutrenney meditsiny. — 2013. — 4. — P. 5–15 (in Russian).

11. Walfridsson U., Walfridsson H. The impact of Supraventricular tachycardias on driving ability in patients referred for radio frequency catheter ablation // Pacing Clin. Electrophysiol. — 2005. — Vol. 28. — P. 191–195.

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Носов Александр Евгеньевич (Nosov A.E.)

зав. стационаром кл. профпат. и мед. труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: nosov@fcrisk.ru.

Власова Елена Михайловна (Vlasova E.M.)

зам. зав. кл. профпат. и мед. труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru.

Алексеев Вадим Борисович (Alekseev V.B.),

зам. дир. по орг.-метод. работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук. E-mail: vadim@fcrisk.ru.

Агафонов Александр Валерьевич (Agafonov A.V.)

проф. каф. терапии ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» МЗ РФ, д-р мед. наук. E-mail: a. agafonov@list.ru.

УДК 613.6+316.62

Лебедева-Несевржа Н.А.¹, Соловьев С.С.²

МЕДИЦИНСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

¹ ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, г. Пермь, Россия, 614015

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

На материалах 24-й волны Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ-ВШЭ (RLMS-HSE) дана характеристика медицинской активности работников, занятых в различных отраслях промышленности (объем выборки 960 человек). Установлено, что для всех респондентов характерны такие особенности медицинской активности, как самолечение и отказ от посещения врача как с профилактической, так и с диагностической целью. Высокая самооценка здоровья скорее определяет негативную тенденцию в сфере медицинской активности. Даны рекомендации по совершенствованию комплексных программ профилактики заболеваемости работающих с учетом выявленной особенности медицинской активности респондентов.

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — докторов наук (проект МД–281.2017.6)

Ключевые слова: здоровье; самооценка; работающие; медицинская активность; самолечение; профилактика

Lebedeva-Nesevrja N.A.¹, Solov'jov S.S.² **Medical activity and health state of workers in various industries**

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Monastyrskaya Str., 82, Perm, Russia, 614015

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

Based on materials of 24th wave of Russian monitoring of economic situation and public health (RLMS-HSE), the authors characterized medical activity of workers engaged into various industries (sample of 960 individuals). Findings are that all respondents are characterized by such medical activity features as self-treatment and denial of visiting doctor for prophylaxis and diagnosis. High self-estimation of health determines more negative trend in medical activity sphere. The authors presented recommendations on improving complex programs of diseases prevention among workers, with consideration of revealed features of the respondents' medical activity.

The article was prepared with financial support of RF President grant for governmental support of young Russian scientists — Doctors of Science (project MD–281.2017.6).

Key words: *health; self-estimation; workers; medical activity; self-treatment; prevention*

Актуальность. Снижение уровня заболеваемости (в т. ч. профессиональной) работников различных отраслей промышленности является в современной России одной из первоочередных задач, способствующих повышению качества трудовых ресурсов страны, необходимых для успешной модернизации экономики. Решение данной задачи требует активных действий не только со стороны работодателей, служб медицины труда, социального страхования, но и от самих работников. Рекомендации по формированию системы профилактики заболеваемости работающих включают такие мероприятия как информирование о принципах самосохранительного поведения и правилах ведения здорового образа жизни, пропаганда физической активности и отказа от вредных привычек в качестве неотъемлемых элементов. Доказано, что своевременное выявление производственных факторов риска и управление ими является эффективным способом профилактики хронических заболеваний работников [1,3,14].

Среди производственных факторов риска здоровью занятых в промышленности наиболее полно в отечественной литературе описаны курение [6,7,15], потребление алкоголя [5,10] и нерациональное питание [4,12]. При этом на периферии исследовательских интересов остаются такие факторы риска здоровью как самолечение, несвоевременное обращение к врачу, несоблюдение предписаний медицинских работников — т. е. факторы, связанные с медицинской активностью занятых в промышленности работающих. И это несмотря на то, что данные факторы не просто воздействуют на состояние здоровья работающего, но формируют латентную нетрудоспособность на предприятии и повышают риски для здоровья других сотрудников [2].

Цель исследования: выявить особенности и оценить связь медицинской активности и состояния здоровья работающего населения России, занятого в различных отраслях промышленности.

Материалы и методы. Эмпирической базой исследования выступили данные 24-й волны Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ-ВШЭ (RLMS-HSE) (период проведения полевого этапа — с октября 2015 г. по январь 2016 г.) [13]. Для анализа использовалась выборочная совокупность, репрезентирующая население России. На первом этапе из нее была выделена подвыборка работающих (респонденты, выбравшие работу в качестве своего основного занятия), на втором — работающих в различных отраслях промышленности (варианты ответа: «легкая и пищевая промышленность», «гражданское машиностроение», «военно-промышленный комплекс», «нефтегазовая промышленность», «другая отрасль тяжелой промышленности», «энергети-

ческая промышленность»; $n=960$). В анализируемой выборочной совокупности доля мужчин составила 61,5%, женщин — 38,5%. Респонденты в трудоспособном возрасте (до 54 лет — у женщин, и до 59 — у мужчин) составили 82,5% выборки.

Медицинская активность респондентов рассматривалась как состоящая из двух компонентов — превентивной (посещение врача с целью прохождения профилактического осмотра и наличие полиса дополнительного медицинского страхования, оплаченного самим респондентом или кем-то из членов его семьи) и самолечения, в т. ч. медикаментозного (отказ от обращения к врачу в случае недомогания, посещение врача раз в год или реже).

Здоровье работающих характеризовалось на основе их самооценок, традиционно используемых при анализе состояния здоровья в исследованиях на больших выборках, когда невозможно провести медицинские обследования для «объективного» описания состояния здоровья [8,9,11]. Возможность применения самооценок здоровья для характеристики здоровья работающих граждан обосновывается доказанной связью самооценки здоровья, заболеваемости и смертности в различных социально-демографических группах [16–18]. Здоровье в рамках исследования измерялось в порядковой шкале — «очень хорошее», «хорошее», «среднее: не хорошее, но и не плохое», «плохое», «совсем плохое».

Результаты и их обсуждение. Опрошенные работники склонны характеризовать свое здоровье положительно и нейтрально. Так, 42,5% респондентов назвали свое здоровье «хорошим», еще 51% — «средним, не хорошим, но и не плохим». «Очень хорошим» свое здоровье называют лишь 1,3% работников, «плохим» — 4%, «совсем плохим» — менее 1%. Те, у кого в последние 30 дней были проблемы со здоровьем, оценивают его достоверно ниже, чем работники, не имевшие проблем со здоровьем (значение коэффициента d Сомерса составило $(-)0,316$). Также достоверно ниже оценивают свое здоровье те респонденты, кто в последние 30 дней испытывали «легкие недомогания»¹ (значение коэффициента d Сомерса составило $(-)0,174$) и в последние 12 месяцев пропустили по болезни сколько-нибудь рабочих дней (значение коэффициента d Сомерса составило $(-)0,198$).

Сравнительный анализ самооценки здоровья работниками различных отраслей промышленности показал, что респонденты, выбравшие в качестве основной отрасли своей занятости тяжелую промышленность, чаще (в 5,8% случаев) характеризуют свое

¹ В инструментарии исследования легкое недомогание расшифровывалось для респондентов как «болела голова, горло или зуб, был насморк или легкое расстройство желудка, небольшое повышение температуры или ожог, ушиб, ссадина».

Таблица

Особенности медицинской активности лиц с различной самооценкой здоровья

Медицинская активность	Самооценка здоровья (% респондентов)			
	очень хорошее	хорошее	среднее	плохое
Частота посещения врача 1 раз в год или реже	92,3	78,6	58,4	28,2
Самолечение	100,0	67,7	59,8	41,7
Прохождение профилактических осмотров по собственной инициативе	15,4	20,8	20,7	35,9
Наличие договора дополнительного медицинского страхования	0,0	11,5	10,7	5,1

здоровье как плохое. Занятые в гражданском машиностроении тяготеют к средним оценкам своего здоровья. Вариант ответа «среднее: не хорошее, но и не плохое» выбрали в данной подгруппе 58,1% опрошенных, тогда как среди занятых в военно-промышленном комплексе таковых насчитывалось 50,4%. Наиболее высокие оценки здоровья характерны для работающих в нефтегазовой сфере: среди респондентов данной группы 46,4% опрошенных назвали свое здоровье «очень хорошим» или «хорошим».

Установлено, что для работающих в промышленности характерен низкий уровень превентивной медицинской активности. Как показали результаты опроса, лишь 21% респондентов обращались в течение последних трех месяцев к врачу для прохождения профилактического медицинского осмотра по собственной инициативе. Большинство респондентов (89%) не имеют полиса добровольного медицинского страхования. Среди 10,5% работников, имеющих договор дополнительного медицинского страхования, 94% получили его от предприятия, на котором работают.

Самолечение является нормальной практикой для работников промышленности — 59,6% респондентов в случае возникновения проблем со здоровьем не обращаются в учреждения здравоохранения, предпочитая лечиться самостоятельно. Свыше половины опрошенных (64%) в течение года обращаются к врачу не более 1 раза.

Анализ связи самооценки здоровья и различных видов медицинской активности работников показал, что чем выше респондент оценивает качество своего здоровья, тем меньше он ориентируется на систему поведения в сфере здоровья (таблица).

Установлена слабая отрицательная связь между самооценкой здоровья и частотой посещения врача (коэффициент d Сомерса равен $-0,282$). Как видно из таблицы, 92,3% работников, оценивающих свое здоровье как «очень хорошее», посещают врача 1 раз в год или реже, тогда как среди оценивающих свое здоровье как «плохое» таковых лишь 28,2%. В подгруппе работающих женщин данная связь выражена интенсивнее, чем у мужчин, а в подгруппе работников предпенсионного возраста (45–54 года для женщин и 45–59 лет для мужчин) — интенсивнее, чем у более молодых.

Связь между самооценкой здоровья и тем, практикует ли респондент самолечение, также является слабой (коэффициент d Сомерса равен $0,125$), однако доля практикующих самолечение среди оценивающих

свое здоровье как «очень хорошее» и «хорошее» достоверно выше, чем среди оценивающих его как «плохое».

Низкий уровень медицинской активности и распространенность практик самолечения среди работников промышленности, выявленные на всероссийской выборке, подтверждаются и региональными исследованиями. По результатам опроса 464 работников промышленных предприятий Пермского края в 2012–2014 гг. специалистами ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» было установлено, что лишь 8,5% респондентов предпочитают обращаться к врачам в случае возникновения недомогания, остальные лечатся самостоятельно (в т. ч. народными средствами) или ничего не предпринимают, ожидая, что «болезнь пройдет сама». Причины подобного поведения связаны как с низким уровнем доверия официальному здравоохранению, так и с низким уровнем тревожности работников в отношении своего здоровья — 31,2% респондентов при ответе на вопрос о причинах отказа от посещения докторов сказали, что у них «нет серьезных болезней, ради которых стоит идти к врачу».

Выводы:

1. Медицинская активность работников различных отраслей промышленности характеризуется слабой профилактической направленностью, распространенностью практик самодиагностики и самолечения.

2. Выявленные особенности медицинской активности работающих требуют внедрение программы комплексной профилактики заболеваемости, направленной на: а) на формирование у работников социальной установки на самоконтроль основных параметров здоровья и посещение врачей с профилактической целью; б) повышение информированности об ответственном самолечении — эффективном и безопасном применении лекарственных средств и случаях, требующих обращения за профессиональной медицинской помощью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 16–18)

1. Барз А.О. Особенности поведенческих факторов риска здоровью у работников промышленных предприятий // Гиг. и санит. — 2016. — Т. 95. — № 1. — С. 48–53.
2. Варламова С.Н., Седова Н.Н. Латентная нетрудоспособность — характер, факторы, масштабы // Социологич. иссл. — 2009. — № 5. — С. 51–58.
3. Данилов И.П., Захаренков В.В., Олещенко А.М., Шавлова О.П., Суржилов Д.В., Корсакова Т.Г., Кислицына В.В., Панаиот-

ти Е.А. Профессиональная заболеваемость работников алюминиевой промышленности — возможные пути решения проблемы // Бюлл. Вост.-Сиб. НЦ Сиб. отд. РАМН. — 2010. — № 4. — С. 17–20.

4. Данилова Ю.В., Ефремов В.М., Турчанинов Д.В. Гигиеническая оценка питания и пищевого статуса отдельных групп работников металлургического производства и разработка мер профилактики заболеваний с алиментарными факторами риска // Вестник Уральской мед. академич. науки. — 2015. — № 2 (53). — С. 99–101.

5. Жунтова Г.В., Токарская З.Б., Беляева З.Д. Влияние радиационных и нерадиационных факторов риска на заболеваемость раком желудка у работников ПО «Маяк» // Мед. радиология и радиационная безопасность. — 2009. — Т. 54. — № 2. — С. 38–46.

6. Кан И.Н., Демко И.В., Терещенко Ю.А., Козлов В.В. Распространенность и факторы риска развития хронической обструктивной болезни легких у работников горно-химического комбината // Сиб. мед. обозрение. — 2013. — № 6 (84). — С. 46–49.

7. Кислицына В.В. Оценка влияния социально-бытовых факторов и образа жизни на состояние здоровья работников промышленного предприятия // Совр. научные исследования и инновации. — 2013. — № 9 (29). — С. 35.

8. Кислицына О.А. Различия в состоянии здоровья мигрантов и коренного населения в России и других странах Европейского региона // Социальные аспекты здоровья населения: Электронный научный журнал. — 2013. — №3(31). — URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/478/30/lang.ru/>

9. Козырева П.М., Низамова А.Э., Смирнов А.И. Здоровье населения России: динамика и возрастные особенности (1994–2011 гг.) // Вестник Ин-та социологии. — 2013. — № 6. — С. 8–47.

10. Максимов С.А., Шаповалова Э.Б., Индукаева Е.В., Макаров С.А., Скрипченко А.Е., Огарков М.Ю., Артамонова Г.В. Распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в профессиональных группах угольных предприятий // Профилактич. мед. — 2011. — Т. 14. — № 3. — С. 46–49.

11. Назарова И.Б. Здоровье российского населения: факторы и характеристики (90-е гг.) // Социологич. иссл. — 2003. — №11. — С. 57–69.

12. Перевалов А.Я., Зайцева Н.В., Шур П.З., Костарев В.Г., Атискова Н.Г., Клименко А.Р. Характеристика питания работников предприятий порошковой металлургии с риском развития профессионально обусловленных заболеваний желудочно-кишечного тракта // Пермский мед. ж-л. — 2010. — Т. 27. — № 6. — С. 99–104.

13. Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ-ВШЭ (RLMS-HSE). — URL: <http://www.cpc.unc.edu/projects/rlms> и <http://www.hse.ru/rlms>.

14. Сюрин С.А., Никанов А.Н., Фролова Н.М. Значение поведенческих факторов риска в развитии бронхолегочных заболеваний у работников медно-никелевой промышленности // Мед. труда и пром. экология. — 2013. — № 8. — С. 22–26.

15. Шилов В.В., Сюрин С.А. Влияние условий труда и курения на функцию внешнего дыхания работников никелевой промышленности // Здоровье населения и среда обитания. — 2016. — № 4 (277). — С. 20–22.

REFERENCES

1. Barg A.O. Features of behavioral factors of health risks in industrial workers // *Gig. i sanit.* — 2016. — Vol 95. — 1. — P. 48–53 (in Russian).

2. Varlamova S.N., Sedova N.N. Latent disablement — character, factors, scale // *Sotsiologicheskie issledovaniya.* — 2009. — 5. — P. 51–58 (in Russian).

3. Danilov I.P., Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M., Shavlova O.P., Surzhikov D.V., Korsakova T.G., Kislitsyna V.V., Panaiotti E.A. Occupational morbidity in aluminium industry workers — possible ways of solution // *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya RAMN.* — 2010. — 4. — P. 17–20 (in Russian).

4. Danilova Yu.V., Efremov V.M., Turchaninov D.V. Hygienic evaluation of nutrition and nutritional state of certain groups among metallurgy workers, and specified prevention measures for diseases with alimentary risk factors // *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki.* — 2015. — 2 (53). — P. 99–101 (in Russian).

5. Zhuntova G.V., Tokarskaya Z.B., Belyaeva Z.D. Influence of radiation and nonradiation risk factors on gastric cancer prevalence in workers of PO «Mayak» // *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'.* — 2009. — 54. — 2. — P. 38–46 (in Russian).

6. Kan I.N., Demko I.V., Tereshchenko Yu.A., Kozlov V.V. Prevalence and risk factors for chronic obstructive lung disease in mining chemical enterprise // *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie.* — 2013. — 6 (84). — P. 46–49 (in Russian).

7. Kislitsyna V.V. Evaluating influence of social domestic factors and lifestyle on health state of industrial workers // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii.* — 2013. — 9 (29). — P. 35 (in Russian).

8. Kislitsyna O.A. Differences in health state of migrants and native residents in Russia and other European countries. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya: electronic scientific journal*, 2013; 3(31), URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/478/30/lang.ru/> (in Russian).

9. Kozyreva P.M., Nizamova A.E., Smirnov A.I. Public health in Russia: dynamics and age-related features (1994–2011) // *Vestnik Instituta sotsiologii.* — 2013. — 6. — P. 8–47 (in Russian).

10. Maksimov S.A., Shapovalova E.B., Indukaeva E.V., Makarov S.A., Skripchenko A.E., Ogarkov M.Yu., Artamonova G.V. Prevalence of risk factors of cardiovascular diseases in occupational groups of coal enterprises // *Profilakticheskaya meditsina.* — 2011. — Vol 14. — 3. — P. 46–49 (in Russian).

11. Nazarova I.B. Health of russian population: factors and characteristics (1990s) // *Sotsiologicheskie issledovaniya.* — 2003. — 11. — P. 57–69 (in Russian).

12. Perevalov A.Ya., Zaytseva N.V., Shur P.Z., Kostarev V.G., Atiskova N.G., Klimenko A.R. Characteristics of nutrition in workers engaged into powder metallurgy with risk of occupationally related gastro-intestinal diseases // *Permskiy meditsinskiy zhurnal.* — 2010. — Vol 27. — 6. — P. 99–104 (in Russian).

13. Russian monitoring of economic situation and public health RLMS-HSE <http://www.cpc.unc.edu/projects/rlms> ,<http://www.hse.ru/rlms> (in Russian).

14. Syurin S.A., Nikanov A.N., Frolova N.M. Value of behavioral risk factors in development of bronchopulmonary diseases in copper-nickel industry workers // *Industr. med.* — 2013. — 8. — P. 22–26 (in Russian).

15. Shilov V.V., Syurin S.A. Influence of work conditions and smoking on external respiration function in nickel industry workers // *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* — 2016. — 4 (277). — P. 20–22 (in Russian).

16. Idler E.L., Benyamini, Y. Self-rated health and mortality: A review of twenty-seven community studies // *J of Health and Social Behavior.* — 1997. — Vol. 38. — P. 21–37.

17. Latham K., Peek, C.W. Self-rated health and morbidity onset among late midlife U.S. adults // *J of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences.* — 2013. — Vol. 68(1). — P. 107–116.

18. Lee Y. The predictive value of self assessed general, physical, and mental health on functional decline and mortality

in older adults // *J of Epidemiology and Community Health.* — 2000. — Vol. 54. — P. 123–129.

Поступила 21.04.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лебедева-Несевря Наталья Александровна (Lebedeva-Nesevra N.A.), зав. лаб. методов анализа соц. рисков труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р соц. наук. E-mail: natnes@fcrisk.ru.

Соловьев Семен Сергеевич, (Solov'jov S.S.), ст. препода. каф. социологии Пермского государственного национального исследовательского университета. E-mail: semyons@mail.ru.

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

УДК 616-057:612.2

Вознесенский Н.К.^{1,2}, Величковский Б.Т.³, Алексеев В.Б.¹, Малютина Н.Н.²

ЭКЗОГЕННЫЙ ФИБРОЗИРУЮЩИЙ АЛЬВЕОЛИТ У ПЛАВИЛЬЩИКОВ ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ

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

²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера», 26, ул. Петропавловская, Пермь, Россия, 614000

³ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», 1, ул. Островитянова, г. Москва, Россия, 117997

Изучены условия возникновения, особенности развития, клинического течения экзогенного фиброзирующего альвеолита (ЭФА), состояние иммунного статуса, свободно-радикального окисления и центральной гемодинамики. Показано, что ЭФА развивается преимущественно у лиц, переносивших острую литейную лихорадку, при продолженной экспозиции дымом с высоким содержанием оксида цинка. В большинстве случаев заболевание имеет хроническое (латентное) течение, склонное к прогрессированию, развитию дыхательной недостаточности и легочной гипертензии. В отдельных случаях развивается острый ЭФА с лихорадкой, высокой степенью интоксикации, легочной гипертензией, кровохарканьем и массивными рентгенологическими изменениями в паренхиме и интерстициальной ткани легких. ЭФА от воздействия дыма оксида цинка имеет специфические особенности, связанные с негнойным воспалением интерстициальных респираторных отделов, альвеол, терминальных и респираторных бронхиол с исходом в фиброз, нарушением альвеолярно-капиллярной диффузии, агниоархитектоники малого круга кровообращения, формированием легочной гипертензии, изменениями как правых, так и левых отделов сердца, центральной гемодинамики. Основным патогенетическим механизмом развития цинкового ЭФА является активация свободнорадикального окисления и снижение (истощение) антиоксидантной защиты, неспецифическая В-активация и угнетение Т-звена иммунитета.

Ключевые слова: аэрозоли конденсации оксида цинка; экзогенный фиброзирующий альвеолит; литейная лихорадка

Voznesenskiy N.K.^{1,2}, Velichkovskiy B.T.², Alekseev V.B.¹, Malyutina N.N.² **Exogenic fibrosing alveolitis in melters of zincum alloys**

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

²Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Srt., Perm, Russia, 614990

³The Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovitianov Str., Moscow, Russia, 117997

The authors studied conditions of origin, development features, clinical manifestations of exogenic fibrosing alveolitis, immune state, free radical oxidation and central hemodynamics. Findings are that exogenic fibrosing alveolitis develops mostly in individuals who overcame acute foundry fever, with prolonged exposure to fumes with high zincum oxide content. In most cases, the disease has chronic (latent) course, prone to progress and development of respiratory failure and pulmonary hypertension. In certain cases, acute exogenic fibrosing alveolitis develops with fever, intense intoxication, pulmonary hypertension, hemoptysis and massive X-ray changes in lungs parenchyma and interstitium. Exogenic fibrosing alveolitis due to exposure to zincum oxide fumes has specific features connected with nonpurulent inflammation of interstitial respiratory units, alveols, terminal and respiratory bronchioli with outcome of fibrosis, disorders of alveolar-capillary diffusion, angioarchitecture of lesser circulation, pulmonary hypertension formation, changes in right and left part of heart, central hemodynamics. Major pathogenetic mechanism of exogenic fibrosing alveolitis is activation of free radical oxidation and depletion of antioxidant defence, nonspecific B-activation and depression of T-unit of immunity.

Key words: *aerosols of zincum oxide condensation; exogenic fibrosing alveolitis; foundry fever*

Аморфный оксид цинка относится к нетоксичным материалам, но в витающей фракции, представленной дымом плавильного производства, его кристаллические формы обладают выраженным патогенным эффектом [3,5,8]. Интерес представляет не только выявление причины приобретения патогенных свойств нетоксичным веществом при изменении его формы и размеров, но и особенности проникновения и локализации в легочной ткани [6]. В аэрозоле традиционной дисперсности в альвеолярную область способны проникать частицы размером менее 10 мкм, а бронхо-легочную систему наноразмерных частиц конденсатов возгонов плавки металлов характеризует ряд особенностей. До 80% частиц размером менее 1 нм осаждаются в носоглотке, и лишь 20% — в трахеобронхиальном участке дыхательного тракта. Частицы диаметром менее 5 нм распределяются в трахее, крупных и средних бронхах, респираторных бронхиолах и альвеолах достаточно равномерно. Более половины наночастиц размерами 20 нм осаждаются в респираторных бронхиолах и альвеолах [4]. В дистальных отделах респираторного тракта и в альвеолах наблюдается поглощение наночастиц макрофагами, в их фагосомах, лизосомах и цитоплазме обнаруживаются частицы размерами менее 40 нм. Однако за счет большой площади альвеол значительная часть наночастиц быстро проникает в кровотоки и лимфоток [9,10].

В воздухе рабочей зоны плавильщиков цинка присутствует аэрозоль, образующийся при конденсации паров (возгонов) высокотемпературного расплава оксида цинка [2,8]. Несмотря на то, что средние размеры частиц колеблются от 100 до 400 нм, в аэрозоле присутствует широкий размерный спектр, активно эволюционирующий в течение короткого промежутка времени от момента выделения до агломерации с образованием кристаллов тетрагональной и друзовидной кристаллической формы.

Концентрация наночастиц на рабочем месте плавильщика непостоянна, но резко возрастает при выполнении процедур технологического порядка (снятие шлака и т. д.), т. е. именно в моменты нахождения

плавильщика в непосредственной близости от поверхности расплава.

Анализ приведенных данных позволяет заключить, что органом-мишенью для наноразмерных частиц аэрозоля конденсата (дыма) оксида цинка, присутствующих на рабочем месте плавильщика, является паренхима легких, ее респираторные отделы, а именно: альвеолы и респираторные бронхиолы. Способность аэрозолей конденсата оксида цинка вызывать «литейную лихорадку» общеизвестна [3,7] и патогенетически связана с воздействием друзовидных кристаллов цинка, имеющих высокий зета-потенциал. В меньшей степени исследовано влияние на бронхо-легочную систему работающих длительное ингаляционное воздействие аэрозолей конденсата оксида цинка, а также сопутствующих примесей.

Цель исследования: изучение механизмов развития и клинко-патогенетических особенностей различных вариантов течения экзогенного фиброзирующего альвеолита у плавильщиков латуни и бронзы, развивающегося при длительном ингаляционном воздействии дыма с высоким содержанием аэрозолей конденсатов оксидов малотоксичных металлов.

Материалы и методы исследований. Для выяснения этого вопроса было изучено состояние здоровья 240 работников электроплавильного цеха латунно-бронзового производства: плавильщиков (96 человек), а также машинистов мостовых кранов (48 человек), слесарей-ремонтников (28 человек), работников, занятых на вспомогательных работах (68 человек), которые составили группу сравнения.

Санитарно-гигиенические условия труда плавильщиков характеризовались воздействием на работающих аэрозолей конденсации с содержанием оксида цинка (81,3%), меди (2,7%), свинца (0,1%), оксидов алюминия, железа, кремния, кальция (15,1%). Концентрация аэрозоля в воздухе рабочей зоны превышала ПДК окиси цинка, равную 0,5 мг/м³ в 5–20 раз, концентрация паров свинца (ПДК=0,01 мг/м³) — в 2–7 раз, превышения ПДК окиси меди обнаружено не было. При загрузке шахты отмечалось периодическое увеличение концентрации масляного тумана,

превышающего ПДК в 1,3–2,2 раза, неорганических соединений фтора — в 1,2–1,3 раза, окиси углерода — в 3,5 раза, бенз(а)пирена — в 2 раза. При очистке кристаллизаторов сжатым воздухом, проводимой по 10–15 мин 2–3 раза в течение смены, отмечалось превышение ПДК оксида цинка более чем в 50 раз, концентрации окиси углерода — в 3,5 раза, бенз(а)пирена — в 2 раза, сажи в 7–9 раз. Таким образом, рабочие электроплавильного цеха латунно-бронзового производства были подвержены влиянию комплекса производственных факторов, среди которых преимущественным являлось воздействие аэрозоля конденсации оксида цинка.

Санитарно-гигиенические условия труда машинистов мостовых кранов, слесарей-ремонтников, работников вспомогательных профессий, составивших группу сравнения, характеризовались допустимыми условиями труда.

Было проведено клинико-рентгенологическое обследование, изучение функции внешнего дыхания, кислотно-основного состояния и газов крови, бронхологическое обследование. Гемодинамика в малом круге кровообращения, систолическое артериальное давление в легочном стволе, размеры полостей сердца и фракция выброса левого желудочка изучались методом ультразвуковой доплер-эхокардиографии (Aloka-2000). С целью интегральной оценки интоксикации исследовалось содержание «молекул средней массы». Для характеристики иммунологического статуса общепринятыми методами исследовалась структура пула циркулирующих лимфоцитов иммунофлуоресцентным методом с использованием моноклональных антител, содержание Jg A, M, G, концентрация циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК). Процессы свободнорадикального окисления изучались хемилюминесцентным методом на аппарате БХЛ-6 [1].

Результаты исследований. Из 96 плавильщиков у 61 человека (63,5%) в анамнезе имелись указания на эпизоды острой литейной лихорадки в виде одного большого критерия — повышения температуры тела, а также не менее двух из числа малых критериев: головной боли, резкой общей слабости, неприятного сладковатого вкуса во рту, чувства стеснения и боли в груди, затруднения дыхания, покашливания, одышки. Указания на респираторные симптомы были обнаружены у всех плавильщиков, переносивших приступы острой литейной лихорадки. Продолжительность лихорадочного периода составляла несколько часов, медленнее купировались другие субъективные признаки. У большинства представителей данной группы приступы острой литейной лихорадки повторно возникали в течение первых месяцев работы и полностью прекращались при стаже более 2 лет. Период кажущегося благополучия длился от 8 до 12 лет, составляя в среднем $9,6 \pm 0,8$ лет ($M \pm \sigma$). В это время у рабочих отсутствовали клинические симптомы, свидетельствующие о заболеваниях органов дыхания и сердечно-сосудистой системы.

При стаже работы в электроплавильном цехе 9–12 лет у плавильщиков латуни и бронзы появлялись респираторные симптомы, указывающие на развитие бронхолегочного заболевания. В этот период патологический процесс приобретал рентгенологическую позитивность. Наиболее типичными рентгенологическими признаками поражений бронхолегочной системы были изменения паренхимы и интерстициальной ткани легких, а также мелких бронхов (100%), увеличение корней легких и лимфатических узлов средостения (86,6%), утолщение плевры (30%). Наряду с этим отмечались рентгенологические признаки артериальной легочной гипертензии (выбухание конуса легочной артерии — 53%) и увеличение размеров сердца (41%).

При бронхологическом обследовании 24 плавильщиков были обнаружены либо гипертрофия слизистой оболочки бронхов различной степени выраженности (у 66,7%), либо ее атрофия (у 33,3%), деформация и сужение долевых, сегментарных и субсегментарных бронхов с полипозными разрастаниями. Пылевая импрегнация, обнаруженная у 6 обследованных (25%), сопровождалась развитием пылевого эндобронхита (16,7%) или гнойно-катарального эндобронхита (8,3%).

У 62,5% обследованных (60 человек, все со стажем более 10 лет), продолжавших трудовую деятельность плавильщиками цветных металлов, наблюдалось развитие паренхиматозной дыхательной недостаточности со снижением PO_2 в среднем до $65,3 \pm 0,5$ мм. рт. ст. (в 75% случаев) и смешанной, с одновременным увеличением PCO_2 до $49,6 \pm 2,6$ мм. рт. ст. (в 25% случаев). У всех было отмечено повышение систолического давления в легочной артерии более 30 мм. рт. ст. и признаки систолической нагрузки на правый желудочек. У 53 рабочих была обнаружена относительная недостаточность трикуспидального клапана, которая у 20 из них сочеталась с относительной митральной недостаточностью. Дилатация полости левого желудочка (ЛЖ) была отмечена в 25% случаев, а в 16,6% имела место гипертрофия межжелудочковой перегородки и ЛЖ. Клинико-лабораторные изменения у работников этой группы включали в себя лимфоцитоз у 23 работников (более чем 38% случаев), повышение содержания гемоглобина более 155 г/л (в 50% случаев), диспротеинемию, гипер — α_2 и гипер- γ -глобулинемию (в 90% случаев), увеличение содержания молекул средней массы до $379,0 \pm 17,2$ ед. опт. пл. (в норме — до 160,3 ед. опт. пл., $p < 0,01$), микрогематурию (15 случаев), снижение содержания гемоглобина менее 120 г/л (10% случаев).

У всех плавильщиков с признаками развития диффузионной и смешанной дыхательной недостаточности заболевание сопровождалось развитием неспецифической В-активации у всех 60 работников и достоверным снижением содержания Т-лимфоцитов (без существенного изменения хелперно-супрессорного коэффициента). В совокупности все приведенные данные позволяют расценить патологический процесс как хронический экзогенный фиброзирующий альвео-

лит, развивающийся у плавильщиков под воздействием аэрозолей конденсации окиси цинка.

В отдельных случаях возможно бурное развитие и быстрое прогрессирование заболевания. Такое течение наблюдалось у двух плавильщиков, т. е. в 3,3% случаев от числа работников с признаками респираторной патологии вследствие воздействия дыма с высоким содержанием оксида цинка. В обоих случаях в анамнезе имелись указания на повторные тяжелые приступы литейной лихорадки, в т. ч. при стаже более 2 лет, развивающиеся при контакте с высокими концентрациями дыма плавильного производства, либо при длительной сверхсменной работе. Заболевание характеризовалось быстро нарастающей в течение нескольких часов фебрильной лихорадкой в одном случае до $38,6^{\circ}$, в другом — до $41,2^{\circ}$, нарастающей одышкой, кашлем со скудной мокротой с примесью крови, двусторонними болями в грудной клетке и в правом подреберье. Оба пациента отмечали появление сладковатого вкуса во рту после рабочей смены. Рентгенологически определялись множественные сливные с нечеткими контурами тенеобразования, резко выраженная деформация легочного рисунка со снижением прозрачности за счет инфильтрации соединительнотканной основы легких. В одном случае имели место рентгенологические признаки легочной гипертензии. Тяжесть состояния определялась смешанной (вентиляционной и паренхиматозной) дыхательной недостаточностью, PO_2 было снижено в среднем от 57,3 до 54,1 мм. рт. ст., PCO_2 повышено от 53,8 до 59,5 мм. рт. ст. Об интоксикации свидетельствовало повышенное содержание молекул «средней массы» в одном случае от 1025 до 1549 усл. ед. При эхокардиоскопических исследованиях была обнаружена дилатация полостей сердца ($ЛП=42,0-43,5$ мм; $ЛЖ=55,0-56,0$ мм;) с относительной недостаточностью атриовентрикулярных клапанов и систолической регургитацией крови в полости предсердий от ++ до ++++. Систолическое давление в легочной артерии составляло 41,3–43,9 мм. рт. ст.

При клинико-лабораторном исследовании обращал на себя внимание лимфоцитоз (от 42 до 45%), сопровождающийся иммунопатологическим компонентом: относительной и абсолютной недостаточностью DR+клеток со снижением их в структуре пула до 27,3–29,0% (в контроле — $54,5 \pm 1,7\%$; $p < 0,001$), увеличением доли В-лимфоцитов от 24 до 30,0%, (в контроле — $8,5 \pm 0,5\%$, $545,2 \pm 15,1 \times 10^9 / л$ ($p < 0,01$)) снижением Th до 32,6–33,2% (в контроле $51,7 \pm 1,8\%$) и увеличением Ts до 32 и 39% (в контроле $28,0 \pm 0,6$), а также увеличением содержания ЦИК в среднем от 278 до 329 ед. (в контроле — до 90 ед.). Отмечалось двукратное повышение уровня свободно радикального окисления (S имп/сек от 22375 до 23215, при нормальном уровне — 9650 ± 145) и одновременное угнетение антиоксидантной активности: 178–163 усл. ед. (в норме — 380–420 усл. ед.). В обоих случаях у госпитализированных пациентов имели место анемия менее 120 г/д и микрогематурия.

На основании клинико-рентгенологических, функциональных и иммунологических данных патологический процесс может быть расценен, как острый цинковый экзогенный фиброзирующий альвеолит профессиональной этиологии от воздействия дыма с высоким содержанием оксида цинка в сочетании с вторичным поражением миокарда.

Выводы:

1. У плавильщиков цеха латунно-бронзового производства под влиянием дыма (аэрозоля конденсатов) с содержанием оксида цинка, превышающем ПДК в 5–20 раз, с максимально-разовым превышением более 50 раз, при стаже работы более 10 лет развивается хронический (латентный) экзогенный фиброзирующий альвеолит. Как правило, заболевание возникает после неоднократно перенесенной острой литейной лихорадки и длительного периода кажущегося благополучия.

2. В отдельных случаях после длительной экспозиции дымом с высоким содержанием оксида цинка у стажированных работников развивается острый экзогенный фиброзирующий альвеолит в сочетании с вторичным поражением миокарда.

3. ЭФА от воздействия дыма с оксидом цинка имеет специфические черты, связанные с негнойным воспалением интерстициальных респираторных отделов, альвеол, терминальных и респираторных бронхиол с исходом в фиброз, нарушением альвеолярно-капиллярной диффузии, агниоархитектоники малого круга кровообращения, формированием легочной гипертензии, изменениями как правых, так и левых отделов сердца.

4. Основным патогенетическим механизмом развития цинкового ЭФА может являться длительно существующая активация свободнорадикального окисления и снижение (истощение) антиоксидантной защиты. Неспецифическая В-активация, угнетение Т-звена иммунитета, увеличение содержания циркулирующих иммунных комплексов являются условием для поддержания персистирующего интерстициального воспаления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 9,10)

1. Величковский Б.Т. Об экспресс-методе прогнозирования возможного патологического влияния наночастиц на организм // Бюлл. Вост.-Сиб. НЦ Сиб. отд. РАМН. — 2009. — №4. — С. 72–76.
2. Величковский Б.Т., Петров Б.А., Вознесенский Н.К. Производственные аэрозоли в металлургии цветных металлов. — Киров: РИО КГМА, 2003. — 132 с.
3. Вознесенский Н.К., Величковский Б.Т. Профессиональные заболевания от воздействия дыма оксида цинка (литейная лихорадка, экзогенный фиброзирующий альвеолит). — Киров: Изд-во Кировского областного Бюро медицинской статистики, 2000. — 112 с.
4. Луценко Л.А., Ракитский В.Н., Ильницкая А.В., Егорова А.М., Гвоздева Л.А. Особенности действия наноразмерных аэрозолей и меры безопасности // Мед. труда и пром. экология. — 2016. — № 3. — С. 6–11.

5. Ниций Р.А. Роль тетрагональных кристаллов цинка в этиопатогенезе литейной лихорадки // Гиг. труда и проф. заболевания. — 1986. — № 8. — С. 52–54.

6. Потапов А.И., Ракитский В.Н., Тулакин А.В., Луценко Л.А., Ильницкая А.В., Егорова А.М., Гвоздева Л.Л. Особенности воздействия высокодисперсных аэрозолей и актуальные проблемы нанобезопасности. // Вестник Росс. государственного медицинского университета. — 2013. — № 5–6. — С. 119–123.

7. Профессиональная патология: национальное руководство / Под. ред. Н.Ф. Измерова. — М.: Гэотар-Медиа, 2011. — 784 с.

8. Рослий О.Ф., Рослая Н.А., Слышкина Т.В., Федорук А.А. Медицина труда при производстве и обработке сплавов цветных металлов. — Екатеринбург: Режевская типография, 2012. — 223 с.

dispersed aerosols action and topical problems of nano-safety // Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta. — 2013. — 5–6. — P. 119–123 (in Russian).

7. N.F. Izmerov, ed. Occupational diseases: national manual. — Moscow: Geotar-Media, 2011. — 784 p. (in Russian).

8. Roslyy O.F., Roslaya N.A., Slyshkina T.V., Fedoruk A.A. Occupational medicine in production and processing of non-ferrous metals alloys. — Ekaterinburg: Rezhevskaya tipografiya, 2012. — 223 p. (in Russian).

9. Geiser M., Kreyling W. Deposition and biokinetics of inhaled nanoparticles // Part Fibre Toxicol. — 2010. — 1. — P. 2–9.

10. Kreyling W.G., Hirn S., Schleh C. Nanoparticles in the lung // Nat Biotechnol. — 2010. — 28(12). — P. 1275–1276.

Поступила 21.04.2017

REFERENCES

1. Velichkovskiy B.T. On express-method of forecasting possible pathologic influence of nanoparticles on humans // Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya RAMN. — 2009. — 4. — P. 72–76 (in Russian).

2. Velichkovskiy B.T., Petrov B.A., Voznesenskiy N.K. Industrial aerosols in non-ferrous metallurgy. — Kirov: RIO KGMA, 2003. — 132 p. (in Russian).

3. Voznesenskiy N.K., Velichkovskiy B.T. Occupational diseases due to zincum oxide fumes (foundry fever, exogenic fibrosing alveolitis). — Kirov: Izdatel'stvo Kirovskogo oblastnogo Byuro meditsinskoy statistiki, 2000. — 112 p. (in Russian).

4. Lutsenko L.A., Rakitskiy V.N., Il'nitskaya A.V., Egorova A.M., Gvozdeva L.L. Features of nano-dimensional aerosols action, and safety measures // Industr. med. — 2016. — 3. — P. 6–11 (in Russian).

5. Nishiy R.A. Role of tetragonal zincum crystals in etiology and pathogenesis of foundry fever // Occupatinal hygiene. — 1986. — 8. — P. 52–54 (in Russian).

6. Potapov A.I., Rakitskiy V.N., Tulakin A.V., Lutsenko L.A., Il'nitskaya A.V., Egorova A.M., Gvozdeva L.L. Features of high-

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Вознесенский Николай Константинович (Voznesenskiy N.K.), проф. каф. факул. тер. № 2 и проф. болезней с курсом профболезней ФДПО ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» МЗ РФ, гл. науч. сотр. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук. E-mail: nikwo@mail.ru.

Величковский Борис Тихонович (Velichkovskiy B.T.), акад. РАН, помощник ректора Российского научно-исследовательского университета им. Н.И. Пирогова по науке. E-mail: Bor-vel0@rambler.ru.

Алексеев Вадим Борисович (Alekseev V.B.), зам. дир. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук. E-mail: vadim@fcrisk.ru.

Малютин Наталья Николаевна (Malyutina N.N.), зав. каф. факул. тер. № 2 и проф. болезней с курсом профболезней ФДПО ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» МЗ РФ, д-р мед. наук, проф. E-mail: Dr-malyutina@yandex.ru.

УДК 615.862

Белинский С.О.

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ПЕРСОНАЛ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ЧУ ФНПР «Научно-исследовательский институт охраны труда в г. Екатеринбурге», ул. Толмачева, д. 11, Екатеринбург, Россия, 620075

Данная статья посвящена исследованиям параметров низкочастотных магнитных полей, возникающих на рабочих местах персонала, обслуживающего объекты тягового электроснабжения. В публикации рассматриваются результаты экспериментальных данных спектрального анализа индукции магнитного поля и дана оценка степени вредного воздействия данного производственного фактора на здоровье персонала.

Ключевые слова: риск, магнитные поля, индукция, спектр, нормирование, персонал, электроустановки

Belinskiy S.O. **Evaluating risk of low-frequency magnetic fields effects on electric devices personnel**

Scientific research institute of labour protection in the city of Yekaterinburg, 11, ul. Tolmacheva, Ekaterinburg, Russia, 620075

The article covers studies of low frequency magnetic fields parameters at workplaces of personnel servicing traction motors, results of experimental data in spectral analysis of magnetic field induction, evaluation of hazardous influence caused by this occupational factor on the workers' health.

Key words: risk; magnetic fields; induction; spectrum; regulation; personnel; electric devices

К объектам тягового электроснабжения относятся электроустановки (ЭУ) контактной сети и тяговых подстанций электрифицированного транспорта. Условия труда персонала, обслуживающего данные ЭУ, включают комплекс опасных и вредных факторов производственной среды и трудового процесса (опасность наезда подвижного состава, опасность поражения электрическим током, работа на высоте, тяжесть и напряженность труда, повышенный уровень шума). Особое место среди опасных и вредных производственных факторов занимают магнитные поля (МП). Данный фактор оказывает также влияние и на многочисленный персонал, не связанный с эксплуатацией ЭУ, но подвергающийся воздействию МП в процессе трудовой деятельности, а также население, пользующееся пассажирским транспортом и проживающее вблизи электрифицированных линий.

Объекты тягового электроснабжения являются мощным техногенным источником низкочастотных (в диапазоне от 0 до 10 000 Гц) МП, так как имеют ряд технических особенностей по сравнению с дру-

гими ЭУ: используются различные классы напряжений разного рода тока (220; 110; 35; 27,5; 10; 6 кВ переменного тока и 3,3 кВ постоянного тока тяговых подстанций), нагрузка тяговой сети (напряжением 27,5 кВ переменного и 3,3 кВ постоянного тока) имеет резко неравномерный характер, используются не только трехфазные, но и однофазные, многофазные установки и линии переменного тока, а также двухполюсные линии постоянного тока. Такие конструкции и условия работы ЭУ способствуют возникновению высоких уровней напряженности МП спектра частот до 10 кГц, которые возникают в результате преобразования в устройствах электроснабжения напряжения переменного тока в напряжение выпрямленного постоянного тока.

В данной работе представлены отдельные результаты экспериментальных исследований. Результаты экспериментальных исследований параметров МП в ЭУ также опубликованы в [1–3].

Цель исследования. Оценка интенсивности МП в диапазоне частот более 50 Гц на рабочих местах персонала и сравнение с нормируемыми значениями Российских и международных документов.

Материал и методики. Для получения спектральных характеристик МП и их дальнейшего анализа были проведены серии экспериментов путем инструментальных измерений на ряде тяговых подстанций (ТП) с 6-ти пульсовыми выпрямительными преобразователями в основных рабочих зонах персонала, обслуживающего данные ЭУ.

Измерения осуществлялись в соответствии с методикой эксперимента с использованием анализатора электромагнитных полей EFA-300 компании Narda STS (Германия).

Результаты исследования и их обсуждение. В результате измерений были получены спектральные характеристики индукции МП при разной величине тока. На рис. 1 представлена спектральная характеристика индукции МП под шинным мостом ТП.

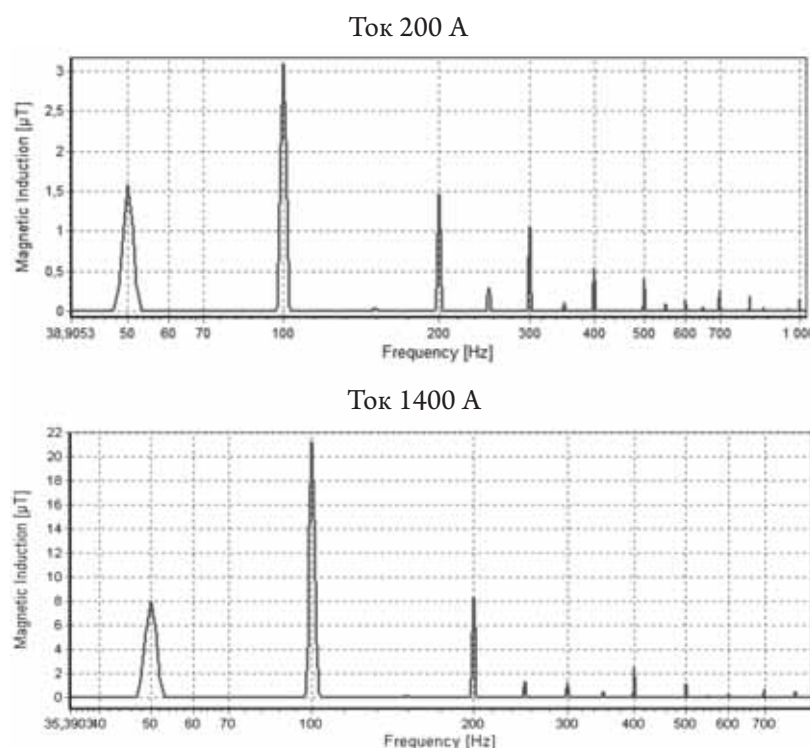


Рис. 1. Спектр индукции МП под шинным мостом ТП при разных токах

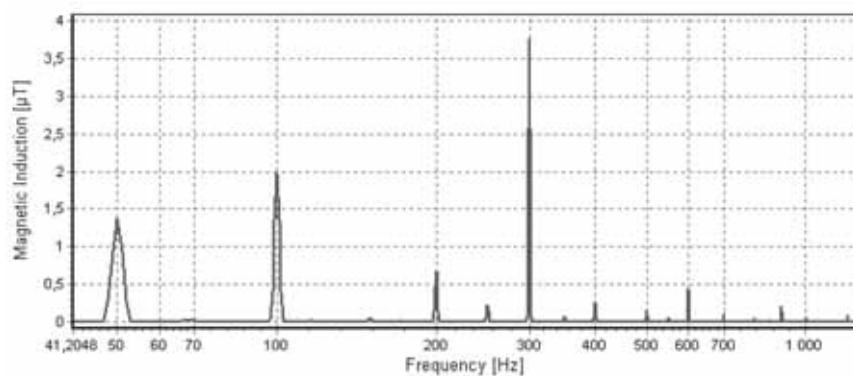


Рис. 2. Спектральная характеристика индукции МП под шинами 3,3 кВ

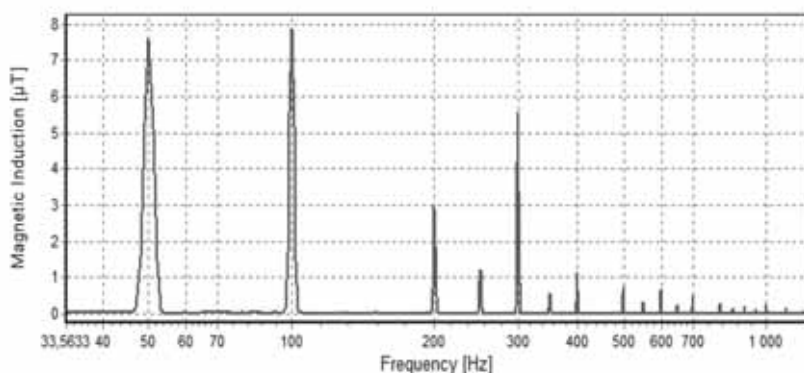


Рис. 3. Спектральная характеристика индукции МП вблизи выпрямителя

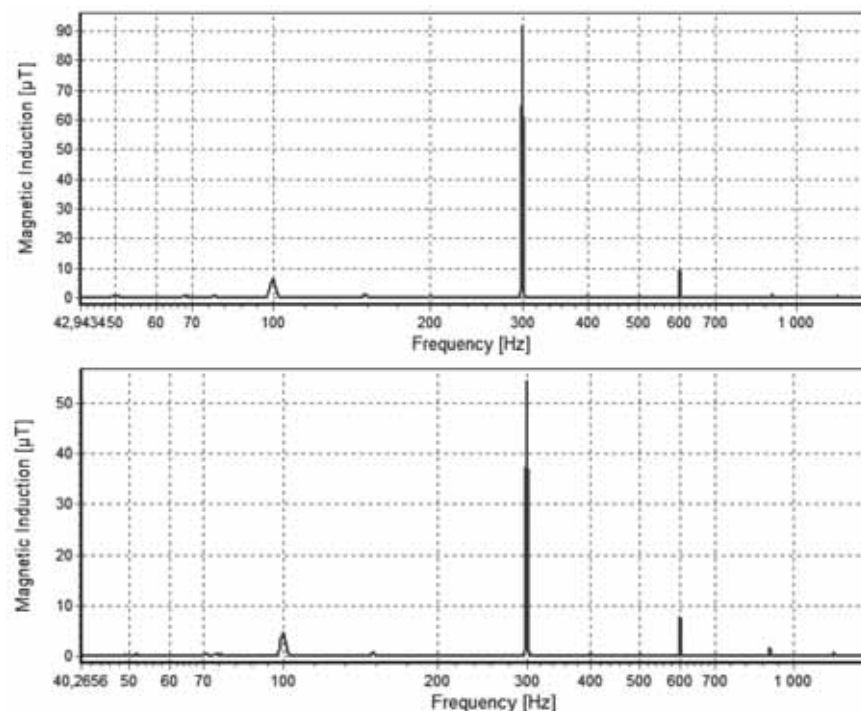


Рис. 4. Спектр индукции МП под фидером КС (сверху) и вблизи помещения реакторной (снизу)

По характеристике видно, что наибольшее значение индукции наблюдается на частоте 100 Гц, а на частоте 200 Гц интенсивность индукции имеет значения близкие к интенсивности на частоте 50 Гц и составляет от 1 до 20 мкТл в зависимости от тока.

На рис. 2 представлен спектр индукции МП под шинами 3,3 кВ при токе 500 А (по этим шинам протекает выпрямленный тяговый ток), а на рис. 3 — спектр в рабочей зоне выпрямительного преобразователя.

Также получены спектральные характеристики индукции МП в помещении реакторной, в ячейке 3,3 кВ и под фидером контактной сети.

Отдельные спектры представлены на рис. 4.

По результатам анализа спектральных характеристик можно сделать вывод, что на рабочих местах персонала ЭУ тягового электроснабжения присутствуют МП широкого спектра частот, МП промышленной частоты 50 Гц, МП с частотой более 50 Гц с выделением таких частот как 100, 200, 300, 400, 600 Гц значительных уровней индукции.

Наибольшие значения индукции МП получены на частоте 50, 100, 200 и 400 Гц под шинным мостом, на частоте 300 Гц — в реакторной, под фидером контактной сети и вблизи ячейки фидера.

Сегодня в России не нормируются параметры МП частотой более 50 Гц на рабочих местах персонала ЭУ [5].

Нормирование данного диапазона частот в РФ установлено только для рабочих мест с ПЭВМ и рабочих мест в медицинских организациях [6,7]. Кроме того имеются международные нормы, содержащиеся в рекомендациях Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (МКЗНИ) [8] (табл. 1).

Для сравнения между собой спектральных характеристик МП в разных рабочих зонах введем коэффициент искажения индукции МП K_B^H по аналогии с

применяемым в области оценки качества электрической энергии коэффициентом K_U — суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения, % (по EN 50160:2010 *Total Harmonic Distorsions THD*) [4].

Предлагаемый коэффициент определяется следующим образом:

$$K_B^H = \frac{\sqrt{B_2^2 + B_3^2 + B_4^2 + B_i^2}}{B_1} \times 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n B_i^2}}{B_1} \times 100\%, \quad (1)$$

где B_2, B_3, B_4, B_i — фактическое значение индукции МП соответствующей частоты, начиная со второй гармоники, мкТл;

B_1 — фактическое значение индукции МП основной частоты (1-й гармоники), как правило 50 Гц, мкТл;

n — число рассматриваемых дискретных частот (гармоник) индукции МП, Гц.

Данный коэффициент показывает насколько значения индукции МП гармоник отличаются от индукции основной частоты во всем рассматриваемом диапазоне, т. е. насыщенность спектра гармониками относительно основной гармоники. Данный коэффициент может изменяться от 0 до нескольких сотен% в зависимости от спектра и интенсивности основной гармоники.

Для оценки степени вредного воздействия на здоровье персонала МП с частотным спектром, содержащим целый ряд гармоник, предлагается использовать обобщенный коэффициент индукции $K_B^{\text{ПДВ}}$, который показывает средневзвешенное с учетом суммы частотных составляющих относительное значение индукции МП и рассчитывается по формуле:

$$K_B^{\text{ПДВ}} = \sqrt{\frac{B_1^2}{B_{\text{ПДВ}}^2} + \frac{B_2^2}{B_{\text{ПДВ}}^2} + \frac{B_3^2}{B_{\text{ПДВ}}^2} + \frac{B_i^2}{B_{\text{ПДВ}}^2}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{B_i}{B_{\text{ПДВ}}} \right)^2} \leq 1, \quad (2)$$

где B_1, B_2, B_3, B_i — фактическое значение индукции МП на соответствующей i -й дискретной частоте (гармонике), мкТл;

$B_{\text{ПДВ}}$ — предельно-допустимое значение индукции МП на соответствующей i -ой дискретной частоте (гармонике), мкТл;

n — число рассматриваемых дискретных частот (гармоник) индукции МП, Гц.

Значение $K_B^{\text{ПДВ}}$ не должно превышать 1.

Расчеты указанных коэффициентов по полученным спектрам представлены в табл. 2 и 3.

Для различных рабочих зон K_B^H изменяется от 282 до 6140% (рабочие зоны с основной гармоникой 50 Гц) и от 1219 до 1513% (рабочие зоны с основной гармоникой 100 Гц, гармоника 50 Гц отсутствует). Полученные данные показывают, что в рассматриваемых спектрах присутствуют помимо основной, гармоники других частот. При этом их интенсивность выше, чем у основной гармоники.

Результаты расчета по ф-ле (2) показывают, что значение $K_B^{\text{ПДВ}}$ превышает единицу для отдельных рабочих зон, как по нормам СанПиН, так и нормам МКЗНИ — помещение реакторной и под фидером контактной сети. Значения $K_B^{\text{ПДВ}}$ близки к единице по нормам МКЗНИ и превышают ее по нормам СанПиН для таких рабочих зон внутри и вблизи ячейки фидера 3,3 кВ. В остальных рабочих зонах значение коэффициента $K_B^{\text{ПДВ}}$ не превышает 1, но позволяет выделить зоны с более высоким уровнем воздействия МП на персонал.

Таблица 1

Нормируемые значения индукции МП частотой от 50 до 600 Гц

Частота, Гц	Допустимые уровни индукции, мкТл		
	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (рабочие места с ПЭВМ)	СанПиН 2.1.3.2630-10 (медицинские организации)	Рекомендации МКЗНИ
50	0,25	62,5	500
100	0,25	62,5	250
200	0,25	62,5	125
300	0,25	62,5	83,3
400	0,25	62,5	62,5
600	0,25	62,5	41,7

Таблица 2

Фактическая и нормируемая индукции МП (основная гармоника 50 Гц)

Частота, Гц	Максимальная с учетом погрешности прибора индукция МП, мкТл, на разных рабочих местах персонала				
	шинный мост	под шинами 3,3 кВ	вблизи выпрямителя	внутри ячейки фидера	в реакторной
50	16,8	11,55	11,55	1,57	3,15
100	38,85	16,8	15,75	0	26,25
200	26,25	4,2	5,25	0	0
300	3,15	19,95	12,6	21	189
400	5,25	1,81	1,68	0	0
600	0	2,63	3,15	2,63	31,5
$K_B^H, \%$	282	230	183	1348	6140
$K_B^{\text{ПДВ}}$ по нормам МКЗНИ	0,28	0,26	0,19	0,96	2,39
$K_B^{\text{ПДВ}}$ по нормам СанПиН	0,77	0,44	0,36	1,23	3,09

Таблица 3

Фактическая и нормируемая индукция МП (основная гармоника 100 Гц)

Частота, Гц	Максимальная с учетом погрешности прибора индукция МП, мкТл на разных рабочих местах персонала	
	вблизи ячейки фидера	под фидером контактной сети
50	—	—
100	6,3	8,4
200	0	0
300	75,6	126
400	—	—
600	13,65	16,8
$K_B^H, \%$	1219	1513
$K_{\text{ПАУ}}^{\text{ПАУ}}$ по нормам МКЗНИ	0,96	1,57
$K_{\text{ПАУ}}^{\text{ПАУ}}$ по нормам СанПиН	1,23	2,04

Выводы:

1. Проведенные исследования показали, что в ЭУ транспорта наряду с постоянным магнитным и электрическим полем присутствуют МП 50 Гц и МП на частоте 100, 200, 300, 600 Гц, которые оказывают наибольшее воздействие на персонал вблизи выпрямителя, в помещении реакторной и в ячейке 3,3 кВ.

2. Персонал ЭУ подвергается интенсивному как по частоте, так и по амплитуде воздействию МП, поэтому необходима его защита от их вредного воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 8)

- Белинский С.О., Кузнецов К.Б. Оценка параметров электромагнитных полей низкочастотного диапазона в электроустановках тягового электроснабжения // Вестник Юж.-Уральск. гос. ун-та. Сер.: Энергетика. — 2012. — № 16 (275). — С. 62–69.
- Белинский С.О., Кузнецов К.Б. Оценка параметров электромагнитных полей частотой 50 Гц в РУ–3,3 кВ тяговых подстанций // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 7 (приложение). — С. 12–17.
- Белинский С.О. Электромагнитная совместимость электроустановок тягового электроснабжения и обслуживающего персонала. Монография. — Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2008. — 142 с.
- ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М.: Стандартинформ, 2014. — 19 с.
- Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. — 2011. — 38 с.
- Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.3.2630–10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. — М.: Бюлл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — № 36, — 2010. — 25 с.
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. — 42 с.

REFERENCES

- Belinskiy S.O., Kuznetsov K.B. // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Energetika. — 2012. — 16 (275). — P. 62–69 (in Russian).
- Belinskiy S.O., Kuznetsov K.B. Evaluating parameters of electromagnetic fields with frequency of 50 Hz in RU–3.3 kV electric devices // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. — 2012. — 7 (addition). — P. 12–17 (in Russian).
- Belinskiy S.O. Electromagnetic compatibility of electric tractive devices and servicing personnel. Monograph. — Ekaterinburg: Izd-vo UrGUPS, 2008. — 142 p. (in Russian).
- GOST 32144–2013. Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical means. Norms of electric energy quality in general electric supply systems. — Moscow: Standartinform, 2014. — 19 p. (in Russian).
- Sanitary epidemiologic rules and regulations. SanPiN 2.2.4.1191–03. Electromagnetic fields in occupational conditions. — Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2011. — 38 p. (in Russian).
- Sanitary epidemiologic rules and regulations. SanPiN 2.1.3.2630–10. Sanitary epidemiologic requirements to organizations providing medical activities. — Moscow: Byulleten' normativnykh aktov federal'nykh organov ispolnitel'noy vlasti, 1010; 36. — 25 p. (in Russian).
- SanPiN 2.2.2/2.4.1340–03. Hygienic requirements to personal electronic computers and work organization. — Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2003. — 42 p. (in Russian).
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz) // Health Physics № 74(4). — 1998. — P. 494–522.

Поступила 28.11.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Белинский Станислав Олегович (Belinskiy S.O.),
зав. сект. производств. безопасности ЧУ ФНПР «Научно-исследовательский институт охраны труда в г. Екатеринбург, канд. техн. наук, доц. E-mail: labelectro@bk.ru.

ДИСКУССИИ

УДК 613.644

Денисов Э.И.

«КОВАРСТВО» ЗУБЦА КАРХАРТА

(комментарии к статье Иванова А.И. с соавт. «Экспериментальное исследование взаимосвязи характеристик речи и состояния слуха у летного состава с нейросенсорной тугоухостью»¹)

ФГБНУ «НИИ медицины труда», пр-т Буденного, д. 31, Москва, Россия, 105275

Рассмотрен вопрос адекватности оценки потери слуха (ПС) от шума на частоте 4000 Гц («зубец Кархарта») для выявления ее связи с возможными нарушениями речеобразования. Неудача авторов объяснена нелинейным характером амплитудной характеристики ПС в этой области частот; предложено использовать частоты из зоны речевых («социальный слух»), в частности, 1000 Гц. Отмечена важность проведенных авторами исследований и рекомендовано их продолжение.

Ключевые слова: медицина труда; потери слуха; нарушения речи; голосовой интерфейс

Denisov E.I. . *Ambiguity of Carhart's notch (comments to the article: Ivanov A.I. et al. «Experimental study of the relationship of speech characteristics and the state of the hearing in pilots with sensorineural hearing loss»)*

FSBSI «Research Institute of Occupational Health», 31, Budennogo Pr-t, Moscow, Russia, 105275

The adequacy of noise-induced hearing loss (NIHL) assessment at 4000 Hz («Carhart's notch») is considered as applied to identify its connection with possible speech disorders. The failure of the authors is explained by the non-linearity of the NIHL value in this frequency range and it is proposed to use frequencies from the band of «social hearing», e.g. 1000 Hz. The importance of the studies is noted and their continuation is recommended.

Key words: occupational health; hearing loss; speech disorders; voice interface

Статья посвящена новой для медицины труда проблеме — изучению взаимосвязей между потерями слуха (ПС) и возможными нарушениями характеристик речи у пилотов гражданской авиации, страдающих нейросенсорной тугоухостью (НСТ) [4]. Авторы правильно поставили цель работы, определили профгруппу — пилотов гражданской авиации и в методе испытаний учли когнитивную модель пользователя.

Эта проблема становится все более актуальной с развитием цифровой экономики и внедрением информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Здесь уместно вспомнить о голосовых интерфейсах (ГИ), обеспечивающих речевую связь и взаимодействие человека и компьютера для управления автоматизированными устройствами [5].

Работа Иванова с соавт. лежит на стыке медицины, биоакустики, биомеханики и техники связи. Можно выделить два аспекта интереса к данной проблеме и соответствующие компетенции для ее решения:

- медицинский аспект — диагностика, лечение и профилактика нарушений слуха и речи (аудиология, сурдология, фониатрия и др.);
- технический аспект — обеспечение речевой связи с помощью ГИ (информатика, лингвистика, психология и др.).

Похоже, что в позиции авторов технический аспект взял верх над медицинским. Однако интерес для медицины труда значителен; он определяется тем, что ПС от шума в виде НСТ — ведущая нозологическая форма профзаболеваний: каждое 5-ое профзаболевание — ПС и их удельный вес в структуре нарастает с темпом 1,2% в год [3].

Возможное ухудшение речеобразования в результате ПС — новая, малоизученная форма нарушения здоровья работников. Это не только медико-биологическая потеря и ухудшение качества жизни, но и снижение функциональных способностей организма, т. е. работоспособности и, следовательно, надежности ГИ как важного звена ИКТ.

За рубежом медики много внимания уделяют расстройствам слуха и речи [6,8], есть соответствующие ассоциации и журналы, например, «The Journal of Speech and Hearing Disorders» (JSHD), издатель — Американская ассоциация речи и слуха на базе Калифорнийского университета. Можно упомянуть Канадский журнал речезыковой патологии и аудиологии (CJSLPA) и др. В Бразилии начат проект «Имеются ли достаточные доказательства для признания голосовых расстройств профессиональными заболеваниями?» (<https://www.researchgate.net/project/Are-there-sufficient>

¹ Опубликована в журнале «Медицина труда и промышленная экология». — 2017. — №5. — С. 58–62.

evidences-to-recognize-the-voice-disorder-as-a-work-related-disease).

В рецензируемой статье литературная справка во введении и список литературы явно недостаточны для такой проблемной работы. В реферате и тексте использован термин «методический подход», который затрудняет четкое определение сути и состава методической разработки авторов. Судя по всему, речь идет о новом показателе, методе его определения и некоторых результатах (к сожалению, пока преимущественно отрицательных).

Суть вопроса — в таблице и тексте к ней. Авторы использовали частоту 4000 Гц — так называемый «зубец Кархарта», который хорош для качественной оценки связи ПС с шумовой экспозицией [9], но эта частота имеет «дурную репутацию» из-за низкой информативности при количественных оценках ПС. Установлено, что величины временных или постоянных смещений порогов слуха (ВСП или ПСП) на 4000 Гц плохо коррелируют с другими показателями, в т.ч. экстрауральных эффектов шума [4], видимо, из-за нелинейности процесса ее формирования.

Приведем доводы. По ГОСТ 12.4.062–78 [1] степени ПС составляют:

- на речевых частотах (среднее на 500, 1000, 2000 Гц) для признаков воздействия шума на орган слуха — менее 10 дБ и равны 10–20, 21–30 и 31 дБ и более для I, II и III степеней ПС соответственно,

- действия шума на орган слуха — менее 10 дБ и равны 10–20, 21–30 и 31 дБ и более для I, II и III степеней ПС соответственно,

- на частоте 4000 Гц для признаков воздействия шума на орган слуха — менее 40 дБ, а для I, II и III степеней ПС $-(60, 65, 70) \pm 20$ дБ соответственно. Видно, что на речевых частотах критерии ПС идут с шагом 10 дБ, а на частоте 4000 Гц — с шагом 5 дБ, но допуском ± 20 дБ (*Sic!*). Этот факт и отражает скрытую нелинейность амплитудной характеристики ПС на данной частоте, объясняемую по-разному [4,8,9]. Поэтому обычно рекомендовали использовать показатели ВСП или ПСП на 1000 Гц — середине диапазона речевых частот 500, 1000 и 2000 Гц как показателя социального слуха [4]. Частоту 1000 Гц используют и при простейшем скрининге слуха.

Кроме того, принято считать, что ПС формируется на октаву выше частоты стимула и поскольку большинство спектров шумов средне- и высокочастотные, то и ПС максимальны в зоне 2–6 кГц с пиком на 4 кГц [4].

Видимо, поэтому в критериях оценки ПС по ИСО и ВОЗ используют среднее арифметическое значение ПС на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц [7,11], хотя, по нашему мнению, при этом теряются выгоды использования «зубца Кархарта» как сигнального показателя профессиональной ПС.

Оценка возможных нарушений речи также имеет особенности. ГОСТ Р 51061–97 [2] вводит объективную и субъективную характеристику речевого сигнала:

- «разборчивость речи — относительное количество правильно принятых элементов речи (звуков,

слов, слов, фраз), выраженное в процентах от общего числа переданных элементов;

- качество речи — параметр, характеризующий субъективную оценку звучания речи... в баллах по пятибалльной шкале или в процентах предпочтения при сравнении с эталонным трактом».

Авторы учитывают эти различия, но анализ последних — совсем другая и не менее важная проблема [10].

Как это ни парадоксально, но в вопросах обеспечения высокой степени надежности с точки зрения безопасности (в т.ч. полетов) целесообразно применять принцип предосторожности и иметь некий коэффициент запаса.

Похоже, что авторы не учли феноменологические особенности формирования ПС и их подвело чрезмерное доверие к пресловутому «зубцу Кархарта», который общепринят за качественный признак причинности шумового воздействия [4,8,9], но слаб в сравнении с речевыми частотами как количественная мера ПС и, соответственно, не для адекватной оценки соотношений нарушений слуха и речи, что и являлось основной задачей исследования. Здесь, собственно, и «зарыта собака» неудачи авторов.

Заключение.

В целом следует, безусловно, поддержать данное направление работы; можно предложить пересмотреть методику оценки ассоциации потерь слуха и нарушений речи, включив в обработку речевые частоты 500, 1000 и 2000 Гц и применив более мощные статистические методы.

Было бы неразумно прекращать работы в данном направлении из-за временной неудачи — риск оправдывает перспективность проблемы медико-биологического обеспечения развития ГИ как важного звена цифровой экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 5–11)

1. ГОСТ 12.4.062–78 ССБТ. Шум. Методы определения потерь слуха человека.
2. ГОСТ Р 51061–97 Системы низкоскоростной передачи речи по цифровым каналам. Параметры качества речи и методы измерений.
3. Костенко Н.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость в некоторых видах экономической деятельности Российской Федерации в 2004–2013 гг. // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — №4. — С. 40–44.
4. Суворов Г.А., Шкаринов А.Н., Денисов Э.И. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций. М.: Медицина, 1984. — 239 с.

REFERENCES

1. GOST 12.4.062–78 SSBT. Shum. Metody opredeleniya poter' slukha cheloveka (in Russian).
2. GOST R 51061–97 Sistemy nizkoskorostnoy peredachi rechi po tsifrovym kanalām. Parametry kachestva rechi i metody izmereniy (in Russian).

3. Kostenko N.A. Usloviya truda i professional'naya zaboлеваemost' v nekotorykh vidakh ekonomicheskoy deyatel'nosti Rossiyskoy Federatsii v 2004–2013 gg. // Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. — 2015. — №4. — P. 40–44 (in Russian).

4. Suvorov G.A., Shkarinov L.N., Denisov E.I. Gigienicheskoe normirovanie proizvodstvennykh шумов i vibratsiy. — М.: Meditsina, 1984. — 239 p. (in Russian).

5. Cohen M.H., Giangola J.P., Balogh J. Voice user interface design. — Addison-Wesley, 2004. — 336 p.

6. Halpern H., Goldfarb R. Language and motor speech disorders in adults, 3-rd ed. 2013. — 345 p. (ISBN-13: 9781449652678).

7. ISO 1999:2013. Acoustics — Estimation of noise-induced hearing loss. — Geneva: International Organization for Standardization, 2013.

8. Preventing occupational hearing loss — a practical guide. Ed. by Franks J.R., Stephenson M.R., Merry C.J. DHHS (NIOSH) Publ. No. 96–110, 1996. — 106 p.

9. Rabinowitz PM, Galusha D, Slade MD, Dixon-Ernst C, Sircar KD, Dobie RA. Audiogram notches in noise-exposed workers // Ear & Hearing. — 2006 Dec. — 27(6). — P. 42–50.

10. Suter A.H. The ability of mildly hearing-impaired individuals to discriminate speech in noise. — Washington, DC. Joint EPA/USAF study, EPA 550/9–78–100, AMRL-TR–78–4, 1978. — 91p.

11. World Health Organization. Occupational noise: Assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels. — Geneva: WHO, 2004.

Поступила 26.01.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Денисов Эдуард Ильич (Denisov E.I.),
гл. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ медицины труда», а-р биол.
наук, проф. E-mail: denisov28@yandex.ru.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

26-29 сентября 2017 года в Санкт-Петербурге пройдёт XIV Российский Национальный Конгресс с международным участием «ПРОФЕССИЯ и ЗДОРОВЬЕ».

В этом году он будет совмещён с **VI Всероссийским съездом врачей-профпатологов** (28.09.2017, четверг).

Также в рамках Конгресса будут проведены:

- **Конференция Всемирной Организации Здравоохранения** по вопросам сохранения здоровья работающих (26.09.2017, вторник).
- **Конференция Международного Агентства по изучению рака** «Профилактика и контроль профессиональных рисков, вызванных канцерогенными веществами и агентами» (27.09.2017, среда).
- **23-е ежегодное совещание стран Балтийского Региона** по Программе профессионального здоровья и безопасности (28.09.2017, четверг, только для членов Комитета).
- **Заседание профильной комиссии по профпатологии** Минздрава России (29.09.2017, пятница).
- **Заседание Президиума Ассоциации врачей и специалистов медицины труда** (29.09.2017, пятница).
- **Пленум Научного совета по медико-экологическим проблемам здоровья** (29.09.2017, пятница).
- Пленарное заседание, Симпозиумы и «Круглые столы» по различным научным темам проблемы сохранения здоровья работающих (26-29.09.2017).

В рамках Конгресса планируется проведение тематической выставки «ПРОФЕССИЯ и ЗДОРОВЬЕ», в которой будут представлены учреждения и компании современных медицинских и фармацевтических технологий, современные аспекты модернизации предприятий по вопросам оснащения и безопасности на рабочем месте, новейших разработок средств индивидуальной защиты.

Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Землянова М.А., Жданова-Заплевичко И.Г., Лужецкий К.П., Маклакова О.А., Клейн С.В. Роль химических факторов риска в развитии соматической патологии у населения селитебных территорий алюминийного и целлюлозно-бумажного производства

1

Лужецкий К.П., Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Цинкер М.Ю., Вандышева А.Ю., Валина С.А., Вековшинина С.А. Состояние здоровья населения, проживающего в районе промышленного узла, в условиях хронической низкоуровневой аэрогенной экспозиции металлами

6

Май И.В., Клейн С.В., Вековшинина С.А. Оценка необходимости реконструкции промышленного предприятия и уровень аэрогенного риска для минимизации ущерба здоровью населения

12

Долгих О.В., Старкова К.Г., Кривцов А.В., Бубнова О.А., Дианова Д.Г., Отавина Е.А., Гусельников М.А. Особенности иммунного статуса работающих на производстве фталевого ангидрида

17

Старкова К.Г., Долгих О.В., Кривцов А.В., Бубнова О.А., Дианова Д.Г., Отавина Е.А., Никоношина Н.А. Особенности генетических показателей работников с артериальной гипертензией, ассоциированной с возрастом (на примере титано-магниевого производства)

21

Балашов С.Ю., Май И.В., Клейн С.В. Методические подходы к оценке долевого вклада хозяйствующих субъектов в хронический риск здоровью населения

26

Уланова Т.С., Нурисламова Т.В., Карнажицкая Т.Д., Мальцева О.А., Волкова М.В., Гилева М.И., Антипина М.В. Оценка качества воздуха рабочей зоны работников, занятых в производстве фталевого ангидрида

30

Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В. Оценка влияния стажа работы на биохимические и гематологические показатели у работников производства фталевого ангидрида и фумаровой кислоты

35

Власова Е.М., Пономарева Т.А., Селезнев С.С., Сафронов С.В. Оценка эффективности профилактических мероприятий по минимизации риска воздействия производственной среды на организм работников при выполнении подземных горных работ

39

Носов А.Е., Власова Е.М., Алексеев В.Б., Агафонов А.В. К вопросу экспертизы профпригодности работающих во вредных условиях труда при нарушениях ритма и проводимости сердца

43

Лебедева-Несевржа Н.А., Соловьев С.С. Медицинская активность и состояние здоровья работающих различных отраслей промышленности

48

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

Вознесенский Н.К., Величковский Б.Т., Алексеев В.Б., Мамютина Н.Н. Экзогенный фиброзирующий альвеолит у плавильщиков цинковых сплавов

52

Белинский С.О. Оценка риска воздействия низкочастотных магнитных полей на персонал электроустановок

56

ДИСКУССИЯ

Денисов Э.И. «Коварство» зубца кархарта (комментарий к статье Иванова А.И. и соавт. «Экспериментальное исследование взаимосвязи характеристик речи и состояния слуха у летного состава с нейросенсорной тугоухостью»)

61

Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Zemlyanova M.A., Zhdanova-Zaplevichko I.G., Luzhetskiy K.P., Maklakova O.A., Kleyn S.V. Role of chemical risk factors in somatic diseases development in inhabitants of populated area near aluminium and paper pulp production

Luzhetskiy K.P., Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Tsinker M.Yu. Vandyшева A.Yu., Valina S.L., Vekovshinina S.A. Health state of population residing near industrial center, with chronic low-level airborne exposure to metals

May I.V., Kleyn S.V., Vekovshinina S.A. Evaluating necessity of industrial enterprise reconstruction and airborne risk for minimizing public health damage

Dolgikh O.V., Starkova K.G., Krivtsov A.V., Bubnova O.A., Dianova D.G., Otavina E.A., Guseynnikov M.A. Immune state features of workers engaged into phthalic anhydride production

Starkova K.G., Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Bubnova O.A., Dianova D.G., Otavina E.A., Nikonoshina N.A. Genetic features of workers with age-related arterial hypertension (exemplified by titanium magnesium production)

Balashov C.Yu., May I.V., Kleyn S.V. Methodic approaches to evaluating share of managing entities in chronic risk for public health

Ulanova T.S., Nurislamova T.V., Karnazhitskaya T.D., Maltseva O.A., Volkova M.V., Gileva M.I., Antipieva M.V. Evaluating air quality of workplace for workers engaged into phthalic anhydride production

Zemlyanova M.A., Koldibekova J.V. Evaluating length of service influence on biochemical and hematologic parameters in workers engaged into production of phthalic anhydride and fumaric acid

Vlasova E.M., Ponomareva T.A., Selesnev S.S., Safronov S.V. Evaluating efficiency of preventive measures to minimize risk of occupational environment influence on workers engaged into subsurface mining

Nosov A.E., Vlasova E.M., Alekseev V.B., Agafonov A.V. On examination of occupational fitness of workers exposed to occupational hazards, with cardiac rhythm and conductivity disorders

Lebedeva-Nesevrja N.A., Solov'jov S.S. Medical activity and health state of workers in various industries

FOR THE PRACTICAL MEDICINE

Voznesenskiy N.K., Velichkovskiy B.T., Alekseev V.B., Malyutina N.N. Exogenous fibrosing alveolitis in melters of zinc alloys

Belinskiy S.O. Evaluating risk of low-frequency magnetic fields effects on electric devices personnel

DISCUSSION

Denisov E.I. Ambiguity of Carhart's notch (comments to the article: Ivanov A.I. et al. «Experimental study of the relationship of speech characteristics and the state of the hearing in pilots with sensorineural hearing loss»)