

5. Беспалов Ю.И., Саятова Г.У., Халниязова С.Ш., Беспалова Л.Ю., Мукушева Е.Д. Тревожные состояния при артериальной гипертензии и ИБС. Вестник КазНМУ. 2016; 1: 171—173.

6. Анциферова Е.Ю., Страхова Н.В., Котова Ю.А., Красноруцкая О.Н. Сравнительная оценка факторов риска, клинического течения и качества жизни больных при коморбидности артериальной гипертензии и остеоартроза. Смоленский медицинский альманах. 2019; 1: 18—22.

7. Григорович Л.А., Качалина Е.Б. Профессиональное здоровье педагогов и психологов образования. В сборнике: Современные методы профилактики и коррекции нарушений развития у детей: Традиции и инновации. Сборник материалов II Международной междисциплинарной научной конференции. Под общей редакцией О.Н. Усановой. 2020; 83—87.

УДК 613.955: 613.956

## РИСКИ ПОВЫШЕНИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ ЗАПАДНОГО УРАЛА, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФОРМАЛЬДЕГИДА

© 2022 Т.С. Уланова, К.П. Лужецкий, Т.Д. Карнажицкая

**ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Пермь**

*Ключевые слова:* заболеваемость; дети; Западный Урал; формальдегид.

В перечень факторов, негативно влияющих на детское здоровье, входит загрязнение объектов окружающей среды, особенно в крупных городах и регионах с высокоразвитыми промышленностью и транспортом. Существенный вклад в развитие неблагоприятных эффектов на здоровье детей вносят загрязнители воздуха жилых и общественных помещений, источником которых являются токсичные выделения синтетических смол из древесно-стружечных плит для мебели, испарения из напольных покрытий (линолеума и пленки ПВХ). В процессе деструкции, вызванной старением или неправильной эксплуатацией мебели, в воздух выделяются фенол, формальдегид, ароматические углеводороды и другие вещества [1—3].

К наиболее широко распространенным и опасным для здоровья загрязнителям окружающей среды относится формальдегид, 2-й класс опасности при ингаляционном и пероральном воздействии. Длительное воздействие формальдегида может вызвать раздражение слизистых

оболочек глаз, носа и других органов дыхания, поражение органов зрения, центральной нервной системы, дыхательного тракта; возможно его кожно-резорбтивное действие. Формальдегид оказывает мутагенное, сенсибилизирующее действия на человека, влияет на репродуктивную функцию; возможны явления гено- и иммунотоксического действия, инактивация ряда ферментов в органах и тканях, угнетение синтеза нуклеиновых кислот, нарушение обмена витамина С [4, 5].

Ряд исследователей указывает на изменения в состоянии здоровья детского населения — рост заболеваемости в условиях экспозиции формальдегидом [6].

В связи с этим перспективным направлением представляется оценка связи нарушения здоровья детей с уровнем содержания токсиканта в биологических средах организма ребенка [7, 8].

**Цель:** исследование рисков повышения заболеваемости детей Западного Урала, обусловленных воздействием формальдегида.

**Материалы и методы исследования.** В течение 2010—2018 гг. проведены мониторинговые исследования содержания формальдегида в атмосферном воздухе и воздухе помещений дошкольных и школьных образовательных учреждений на территории крупного промышленного центра и сельских территориях Западного Урала. Проанализировано 1274 разовых пробы воздуха внутри помещений, в том числе 960 проб в помещениях детских садов (игровые комнаты, спальни) и 147 проб воздуха учебных помещений школ территории наблюдения, 167 проб в помещениях детских садов территории сравнения. Отобрано и проанализировано 530 проб атмосферного воздуха, в том числе 303 разовых пробы на территории детских садов и 149 проб на территории школ промышленного центра, 78 проб на территории детских садов сельской местности. По результатам анализа разовых проб рассчитаны среднесуточные концентрации формальдегида в атмосферном воздухе и воздухе помещений на территориях наблюдения и сравнения.

В период 2014—2018 гг. проведены скрининговые исследования по определению концентраций формальдегида в образцах крови детей в возрасте 5—12 лет, проживающих на Западном Урале на территории расположения крупных предприятий нефтехимической, химической, электрохимической, целлюлозно-бумажной промышленности, органического синтеза, машиностроения, теплоэнергетики и других производств с развитой транспортной системой (группа наблюдения,  $n = 253$ ) и на сельских территориях (группа сравнения,  $n = 127$ ).

Анализ содержания формальдегида в образцах крови, пробах воздуха помещений и атмосфере проведен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в форме производного 2,4-динитрофенилгидразона формальдегида в соответствии с МУК 4.1.2111—06. Определение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, МУК 4.1.1045—01, МУК 4.1.1045—01. ВЭЖХ определение формальдегида и предельных альдегидов ( $C_2—C_{10}$ ) в воздухе на жидкостном хроматографе Agilent 1200 Series с диодно-матричным детектором (Agilent Technologies, США).

Клиническое обследование детей проводили врачи-педиатры поликлинического отделения ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» на основании добровольных информированных согласий родителей.

Для изучения потенциального риска воздействия формальдегида на состояние здоровья детского населения строили модели зависимости вероятности повышения уровня заболеваемости детского населения (маркер эффекта) от содержания формальдегида в крови детей, проживающих на территориях с различной аэрогенной нагрузкой по формальдегиду (маркер экспозиции). Установление параметров зависимостей «маркер экспозиции — маркер эффекта» осуществляли методом построения логистической модели в виде функции

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x)}}$$

где  $P$  — показатель вероятности повышения;  $x$  — концентрация формальдегида в крови, мг/дм<sup>3</sup>;  $b_0$ ,  $b_1$  — параметры модели. Качество полученных моделей оценивалось с использованием коэффициента детерминации ( $R^2$ ) и критерия Фишера ( $F$ ). Значимость зависимостей оценивалась по критерию Стьюдента при  $p \leq 0,05$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ разовых проб воздуха помещений в городских и сельских детских садах и школах и атмосферного воздуха на прилегающих к ним территориях показал отсутствие превышений ПДК<sub>м.р.</sub> по формальдегиду, составляющей 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

Сравнение городской и сельской территорий по среднеарифметическим значениям показало достоверно более высокую концентрацию формальдегида в 1,5 раза в атмосферном воздухе и в 2,9 раза — в воздухе помещений на территории наблюдения по отношению к территории сравнения.

Содержание формальдегида в воздухе помещений выше, чем в атмосферном воздухе на территории наблюдения в 13,5 раз, на территории сравнения — в 7,1 раза. С учетом формирования долевого вклада объектов среды обитания (помещения и атмосферный воздух) внутренняя среда помещений дает большую аэрогенную нагрузку по формальдегиду, чем атмосферный воздух, составляющую соответственно 93,1 и 6,9 %

на территории наблюдения и 87,6 и 12,4 % — на территории сравнения.

Анализ биологических сред показал присутствие формальдегида в пробах крови у 100 % обследованных детей в диапазоне концентраций 0,001—0,175 мг/дм<sup>3</sup> в группе наблюдения и 0,001—0,036 мг/дм<sup>3</sup> — в группе сравнения. Достоверно более высокая среднегрупповая концентрация формальдегида и медиана обнаружены в крови детей территории наблюдения по отношению к территории сравнения в 4,0 и 3,1 раза соответственно.

Формальдегид является естественным метаболитом организма, в микроколичествах он присутствует в биосредах и частично выводится с мочой в неизменном виде. Фоновый уровень содержания формальдегида в крови детей Западного Урала (Пермский край) составляет  $0,005 \pm 0,0014$  мг/дм<sup>3</sup>. Оценка химической нагрузки по формальдегиду крови детей обследуемых групп по критерию регионального фонового уровня показала достоверно более высокие значения ( $p < 0,01$ ) в группе наблюдения в 7,6 раза, в группе сравнения — в 1,8 раза. Основной вклад в формирование химической нагрузки формальдегидом биологических сред детей в городской и сельской среде вносит воздух внутри помещений. Полученные результаты свидетельствуют, что содержание формальдегида в крови потенциально можно использовать в качестве маркера экспозиции при ингаляционном воздействии.

При анализе патологии по классам болезней у экспонированных формальдегидом детей получены достоверные отличия с группой сравнения по частоте заболеваний органов дыхания (аллергический ринит, хронический синусит, хронический ринит, хроническая болезнь и гипертрофия миндалин и аденоидов, бронхиальная астма), болезней крови и кроветворных органов и отдельным нарушениям, вовлекающим иммунный механизм, болезней глаза и его придаточного аппарата, болезней кожи и подкожной клетчатки. В группе наблюдения приоритетные патологии, патогенетически связанные с воздействием формальдегида, диагностированы в 1,1—9,5 раза чаще (1,9—15,0 %) относительно группы сравнения (0,2—13,5 %;  $p < 0,05$ ). В этой же группе хронические болезни верхних дыхательных путей, астма и нарушения, вовлекающие иммунный механизм, встречаются

в 1,8—9,7 раза чаще (4,3—36,3 %), чем в группе сравнения (1,6—19,8 %;  $p < 0,05$ ).

В группах исследования установлены статистически значимые зависимости повышения частоты болезней верхних дыхательных путей ( $R^2 = 0,81$ ;  $F = 182,7$ ;  $p \leq 0,001$ ), аллергических ринитов дыхания ( $R^2 = 0,33$ ;  $F = 200,2$ ;  $p \leq 0,001$ ), болезней органов дыхания ( $R^2 = 0,18$ ;  $F = 189,0$ ;  $p \leq 0,001$ ), основных нозологий органов дыхания с острым ( $R^2 = 0,13—0,97$ ;  $F = 45,4—3573,1$ ;  $p \leq 0,001$ ) и хроническим ( $R^2 = 0,26—0,68$ ;  $F = 120,9—1679,0$ ;  $p \leq 0,001$ ) течением болезни, а также болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм ( $R^2 = 0,45$ ;  $F = 345,4$ ;  $p \leq 0,001$ ), общего варибельного иммунодефицита ( $R^2 = 0,46$ ;  $F = 725,5$ ;  $p \leq 0,001$ ) и функциональных расстройств вегетативной нервной системы ( $R^2 = 0,82$ ;  $F = 4074,0$ ;  $p \leq 0,001$ ) от увеличения концентрации формальдегида в крови детей.

Исследования воздействия формальдегида на соматический статус детей по критериям вероятности повышения числа заболеваний и содержания формальдегида в крови доказывают негативное влияние аэрогенного воздействия формальдегида, связанное с увеличением заболеваний органов дыхания, болезней крови и кроветворных органов, нарушений со стороны иммунной системы.

**Заключение.** Обнаружено достоверно более высокое содержание формальдегида в 1,5 раза в атмосферном воздухе и в 2,9 раза — в воздухе помещений детских садов и школ на территории наблюдения по отношению к территории сравнения. Содержание формальдегида в воздухе помещений выше, чем в атмосферном воздухе на территории наблюдения в 13,5 раз, на территории сравнения — в 7,1 раза.

Среднегрупповая концентрация формальдегида в крови детей, проживающих на территории крупного промышленного центра Западного Урала (группа наблюдения) в 4,0 раза выше, чем на сельской территории (группа сравнения). По отношению к региональному фоновому уровню содержания формальдегида в крови детей установлены достоверно более высокие значения ( $p < 0,01$ ) в группе наблюдения в 7,6 раза, группе сравнения — в 1,8 раза.

В группе наблюдения заболевания органов дыхания, болезни крови, кроветворных органов

и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм, болезни глаза и его придаточного аппарата, болезни кожи и подкожной клетчатки диагностированы в 1,1—9,5 раза чаще относительно группы сравнения ( $p < 0,05$ ). Заболеваемость болезнями верхних дыхательных путей, астмой с преобладанием аллергического компонента, общим переменным иммунодефицитом в группе наблюдения встречается в 1,8—9,7 раза чаще, чем в группе сравнения ( $p < 0,05$ ).

Установлены статистически достоверные зависимости повышения вероятности заболева-

ний дыхательной, иммунной и нервной систем у детей группы наблюдения от увеличения концентрации формальдегида в крови ( $R^2 = 0,13—0,97$ ;  $F = 45,4—4074$ ;  $p \leq 0,001$ ).

Исследования могут быть использованы в формировании доказательной базы негативного воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения, для оценки риска здоровью и научного обоснования мероприятий по профилактике у детей заболеваний, ассоциированных с химическими факторами окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дышиневи́ч Н.Е., Сова Р.Е. Полимерные строительные материалы и синдром «больного здания». Киев: Наукова Думка, 1998: 245—257.
2. Проданчук Н.Г., Дышиневи́ч Н.Е., Балан Г.М., Юрченко И.В., Бабич С.В., Лышавская Е.А., Перегуда Е.Л. Гигиенические и клинические аспекты синдрома «Больных зданий» и перспективы охраны здоровья населения. Современные проблемы токсикологии. 2006; 2: 4—12.
3. Губернский Ю.Д., Рахманин Ю.В., Лециков В.А. Экология жилой среды. Вестник АМН. 2003; 3: 9—17
4. Дорогова В.Б., Тараненко Н.А., Рычагова О.А. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор). 2010; 1: 32—35.
5. Губернский Ю.Д., Федосеева В.Н., Маковецкая А.К. Эколого-гигиенические аспекты сенсibilизированности населения в жилой среде. Гигиена и санитария. 2017; 96 (5): 414—417.
6. Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Лисецкая Л.Г., Тараненко Н.А., Абраматец Е.А., Катильская О.Ю. Поиск адекватных биомаркеров для выявления влияния химических факторов на здоровье населения. Казанский медицинский журнал. 2009; 4: 473—476.
7. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Уланова Т.С. Контроль содержания химических соединений и элементов в биологических средах: руководство. Пермь: Книжный формат; 2011. 520 с.
8. Тараненко Н.А. Проблемы мониторинга формальдегида в окружающей среде и биосредах детского населения (обзор). Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2012; 6(88): 156—159.