

Н.А. Тараненко

## ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА ФОРМАЛЬДЕГИДА В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И БИОСРЕДАХ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ (ОБЗОР)

Ангарский филиал ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека (Ангарск)

*Приводится краткая оценка мониторинга ведущего загрязнителя окружающей среды – формальдегида в атмосферном воздухе и воздухе закрытых помещений, его влияние на здоровье детского населения промышленных городов, показано его значение как биомаркера экспозиции в пробах мочи.*

**Ключевые слова:** формальдегид, атмосферный воздух, воздух закрытых помещений, корреляция, биосреды, детское население, заболеваемость, моча

## PROBLEMS ASSOCIATED WITH MONITORING OF FORMALDEHYDE IN ENVIRONMENT AND BIOMATERIALS OF CHILDREN (REVIEW)

N.A. Taranenko

Institute of Occupational Health and Human Ecology ESSC HE SB RAMS, Angarsk

*A brief assessment of monitoring the leading pollutant of the environment formaldehyde in the atmospheric air, in the indoor air as well as its influence of children's health living in industrial centers is given in this paper. Its value as a biomarker of the exposure in the urine samples has been also indicated.*

**Key words:** formaldehyde, atmospheric air, indoor air, biomonitoring, correlation, biomaterials, urine, children, morbidity rate

Антропогенное загрязнение окружающей среды и неблагоприятная экологическая ситуация в промышленных регионах обуславливают необходимость проведения санитарно-гигиенического и биологического мониторинга экзогенных токсикантов. Одной из важных задач в системе мониторинга является получение достоверной и объективной информации о качестве среды обитания и состоянии здоровья детского населения. Сегодня в мире от 25 до 33 % всех зарегистрированных заболеваний, по оценкам ВОЗ, напрямую связаны с загрязнением окружающей среды, из них 2/3 касаются детского населения [1, 5, 6, 10, 16]. Особенно актуальна эта проблема для территорий с развитыми промышленными отраслями. Среди летучих органических веществ, формирующих химическую нагрузку, весомый вклад вносит широко распространенный в окружающей среде формальдегид, который относится к ряду кислородсодержащих органических соединений (II класс опасности) [2, 4, 5]. Он обладает раздражающим, аллергенным, мутагенным действием и способен накапливаться в тканях и органах, оказывая отрицательное влияние на состояние и функции систем человека, и представляет опасность для здоровья детского и взрослого населения [2, 10, 19, 25]. Хроническое поступление в организм загрязнителей антропогенной природы могут привести к стойким изменениям, а в дальнейшем и к патологии в различных системах и органах. Токсическое действие формальдегида связано с его высокой реакционной способностью во взаимодействии с нуклеофильными группами молекул белка, ДНК и РНК [7, 14, 20].

Обычно средняя концентрация его в атмосфере колеблется в диапазоне от 0,002 до 0,4 мг/м<sup>3</sup>. Основной вклад в прямые выбросы формальдегида, вносят такие источники, как сжигание мусора, лесные пожары, а также сжигание различных видов топлива в промышленности, в быту и в двигателях автомобилей. Из большого числа остальных антропогенных источников следует упомянуть химические и нефтехимические производства, а также производство пластмасс и строительных материалов, теплоэлектростанции [14, 15].

В статье Т.Н. Унгурияну проведен анализ загрязнения атмосферного воздуха и первичной заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения г. Новодвинска, где традиционно размещены предприятия целлюлозно-бумажной промышленности. Среднегодовые концентрации формальдегида в атмосферном воздухе превышали предельно допустимый уровень в 2 раза (летний период – 2,3 ПДК). Для сравнения концентрации метилмеркаптана были на уровне 1 ПДК. Наибольший вклад в патологию органов дыхания вносил формальдегид (от 41,1 до 53,7 %). В структуре первичной заболеваемости преобладали ОРВИ, острые фарингиты и назофарингиты [16].

Работа авторов С.Г. Ситало, Н.М. Паранько посвящена проблеме загрязнения атмосферного воздуха г. Кривой Рог, на территории которого расположены 5 крупных горно-обогатительных комбината, металлургический завод и ряд других предприятий. Целью данной работы был анализ загрязнения атмосферного воздуха и выявление его возможного влияния на иммунологические

показатели и заболеваемость населения. Одним из ранних проявлений влияния факторов окружающей среды на организм является изменение иммунологической реактивности организма, на фоне которого могут формироваться аллергия, аутоиммунные заболевания. Повышается восприимчивость к инфекционным заболеваниям, возникают онкологические заболевания. Самые высокие места в ранговом месте загрязнителей по классу опасности и кратности превышения ПДК заняли формальдегид, диоксид серы и пыль. Установлена достоверная прямая высокая степень связи (t-критерий) между наличием формальдегида (0,65) и иммунологическими показателями новорожденных и детей 7–10 лет, что вероятно обусловлено активацией иммунокомпетентных клеток, вызванной наличием указанных ингредиентов в воздухе. Высокий уровень корреляционной зависимости наблюдался между содержанием в воздухе ксенобиотиков и заболеваниями органов дыхания, кожи, глаз, врожденными аномалиями [13].

По уровню техногенной нагрузки Иркутская область занимает одно из первых мест в РФ. Повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха наблюдался в таких городах, как Иркутск (теплоэнергетика), Ангарск (нефтехимическая промышленность, теплоэнергетика), Усолье-Сибирское и Саянск (химическая промышленность), Шелехов (цветная металлургия) и др. В связи с возможным аллергенным воздействием формальдегида (приоритетный атмосферный загрязнитель) рассматривалась распространенность бронхиальной астмы (БА) в Иркутской области. Наиболее высокий уровень распространенности бронхиальной астмы зарегистрирован в г. Иркутске. В г.г. Ангарск и Саянск распространенность БА не отличалась от среднеобластного уровня, в Жигаловском, Казачинском и Заларинском (сельских) районах она была ниже ( $p < 0,05$ ). Была выявлена статистически значимая корреляция зависимости распространенности БА от содержания формальдегида в моче ( $r_{sp} = 0,75$  и  $r_{xy} = 0,41$ ), позволяющая оценить вклад экспозиции формальдегидом в распространенность БА на изучаемой территории и который составил 14,5 % [12, 15].

Отмечено, что формальдегид с учетом его антропогенного воздействия в воздушной среде селитебных зон и в воздухе закрытых помещений в четырех административных районах г. Оренбурга является универсальным маркером экспозиции для факторов жилой среды и оценке риска для здоровья населения. Результаты сравнительного анализа коэффициентов корреляций в атмосферном воздухе и воздухе закрытых помещений показали сильную обратную связь по содержанию формальдегида ( $r = -0,98$ ), что позволило сделать вывод, что на изученных территориях города содержание его в воздухе закрытых помещений зависит больше от внутренних источников загрязнения. Это подтверждается данными отечественных и зарубежных работ [3, 4, 9, 21, 22].

Результаты корреляционного анализа содержания формальдегида в атмосферном воздухе и

воздухе закрытых помещений трех крупных промышленных городов Иркутской области показали, что в г.г. Ангарск, Шелехов достоверных коэффициентов корреляции ( $r_{xy}$ ) между содержанием формальдегида в помещениях и в атмосферном воздухе обоих городов не выявлено [14, 15]. В городе Усолье-Сибирское концентрации формальдегида в закрытых помещениях были в 2,3 раза выше, чем в атмосферном воздухе. В данном случае была выявлена достоверная корреляция между содержанием химических примесей в воздухе закрытых помещений и атмосферном воздухе формальдегида ( $r_{xy} = 0,87$ ).

Концентрации альдегидов в воздушной среде закрытых помещений часто превышают таковые в атмосферном воздухе в 2–3 раза в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха, района размещения и интенсивности загрязнения от внутренних специфических источников. Источниками выделений формальдегида в закрытых помещениях служат изделия из прессованной древесины, древесностружечных плит, полимерные материалы, строительные и отделочные материалы на полимерной основе, изоляция из мочевино-формальдегидных смол, а также курение. Воздушная среда этих помещений при относительно низких концентрациях формальдегида и небольших объемах воздуха для разбавления в сочетании с неблагоприятными факторами микроклимата небезразлична для детей, проводящих большую часть времени суток в закрытых помещениях (квартиры, школы и дошкольные учреждения) и может серьезно влиять на их самочувствие, работоспособность и здоровье [3, 21, 25].

В современных условиях вопросы биомониторинга рассматриваются как основной инструмент для оценки тяжести и характера воздействия поражающего фактора. Для оценки степени антропогенного воздействия на организм человека ряд авторов указывают на важность контроля содержания загрязняющих веществ в биологических средах [5, 7, 14].

Следует отметить, что только в начале 80-х годов появились публикации, описывающие чувствительные и селективные методы газовой и жидкостной хроматографии высокого разрешения по определению формальдегида в биосредах (нижний предел обнаружения менее 0,1 ммоль/дм<sup>3</sup>). Также появилось много работ, посвященных изучению его действия на человека и животных [7, 8, 14, 20, 23, 24].

Биомаркером экспозиции и показателем направленности биотрансформации формальдегида в исследованиях на животных служило выведение формальдегида и муравьиной кислоты с мочой, концентрации которых определяли в ранних работах. Позднее появились данные, что обнаруживаемые форматы в моче являются метаболитами таких соединений, как ацетон и метиловый спирт, причем концентрации форматов могут достигать 32 мг/м<sup>3</sup> [17, 18].

В работе Н.В. Зайцевой с соавт. было установлено, что содержание формальдегида в биологиче-

ских средах детей, проживающих на территории Пермской области с различной антропогенной нагрузкой, определялось в диапазоне 0,031 – 0,058 мг/дм<sup>3</sup>. Разработанный и утвержденный авторами метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, позволил определить формальдегид в диапазоне концентраций 0,001 – 2,000 мг/дм<sup>3</sup> при относительной погрешности не более 22 % [7, 11].

В наших предыдущих работах по изучению количественного содержания формальдегида в пробах мочи детского населения Иркутской области в качестве биомаркера вредного воздействия формальдегида атмосферного воздуха и воздуха закрытых помещений городов и населенных пунктов было показано, что экскреция формальдегида с мочой у детей промышленных центров Иркутской области (медиана экскреции формальдегида с мочой составила 104,1 нмоль/дм<sup>3</sup>) достоверно выше, чем у детей, проживающих в сельских районах (медиана экскреции – 78,4 нмоль/дм<sup>3</sup>). Доля детей в моче которых содержание формальдегида превышало фоновый уровень 70 нмоль/дм<sup>3</sup> составляла в среднем 70 %, причем в промышленных городах данный показатель был достоверно выше, чем в сельских районах ( $85,2 \pm 2,8$  % против  $50,1 \pm 5,9$  %;  $p < 0,05$ ). Одной из причин этого является более высокая экспозиция формальдегида на урбанизированной территории. Изучение повозрастной динамики выведения формальдегида из организма детского населения показало, что наиболее низкие концентрации в моче наблюдались у младшей возрастной группы (5–8 лет), а самые высокие концентрации – у 9–10-летних детей [12, 14, 15].

Работы иностранных авторов по определению формальдегида в моче, больше посвящены разработке хроматографических методов, чем вопросам биомониторинга и связанным с ними оценкам степени антропогенного воздействия на организм человека [24, 25].

В работе Takeuchi Akito с соавторами предложен газохроматографический метод определения формальдегида в моче с дериватизацией о-(2,3,4,5,6 – пентафторбензил) гидроксилмином с использованием парового пробоотборника и детектором по захвату электронов (ЭЗД). Предел обнаружения был 1,08 мкг/дм<sup>3</sup>. Метод апробировался на здоровых добровольцах, концентрации формальдегида составляли от 58,5 до 144,57 мкг/дм<sup>3</sup> [24].

В другой работе Tonga Zhiqian с соавторами определяли эндогенный формальдегид в пробах мочи пациентов с деменцией (старческой), гипертонией и диабетом методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентным детектированием [25].

Результаты определения формальдегида в биосредах, как исходные оценочные критерии воздействия химической нагрузки на организм на экологически неблагоприятных территориях, можно использовать для проведения скрининговых и мониторинговых исследований. Определение формальдегида в биосредах более актуально и целесообразно, чем пробоотбор и определение его в

атмосферном воздухе и воздухе жилых помещений. Разовая непродолжительная проба воздуха в зоне дыхания может неадекватно отражать общее воздействие альдегидов на человека. Биологический мониторинг более тесно связан со степенью поглощения химического соединения, лучше отражает нагрузку, индивидуальное поступление и в большей степени связан с потенциальной опасностью для здоровья.

Таким образом, проблема изучения антропогенного воздействия формальдегида на состояние здоровья детского населения промышленных городов связана с контролем его химического содержания в атмосферном воздухе и воздухе закрытых помещений детских учреждений, в биосредах. В представленном обзоре показано его влияние на заболевания органов дыхания, распространенность бронхиальной астмы, аутоиммунные заболевания. Выявлена зависимость содержания экзогенного формальдегида в моче детского населения (биомониторинг) от его концентраций в атмосферном воздухе населенных мест.

Решение задач донозологической диагностики экзозависимых патологий требует привлечения внимания к проблеме мониторинга формальдегида в окружающей среде и биосредах, с последующим проведением целенаправленных исследований по разработке превентивных мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вельтищев Ю.Д. Экологически детерминированная патология детского возраста // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 1996. – № 2. – С. 5–12.
2. Вредные химические вещества. Галоген- и кислородсодержащие органические соединения: Справочное изд. / под ред. В.А. Филова и др. – СПб.: Химия, 1994. – С. 331–357.
3. Губернский Ю.Д., Дмитриев М.Т. Мониторинг воздушной среды жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. – 1991. – № 1. – С. 7–9.
4. Дедкова Л.А., Лисецкая Л.Г. Эмиссия формальдегида в воздух в закрытых помещениях // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – № 3 (79). – Ч. 2. – С. 76–79.
5. Дорогова В.Б., Тараненко Н.А., Рычагова О.А. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2010. – № 1. – С. 32–35.
6. Доронина О.Д., Кузнецов О.Л., Рахманин Ю.А. Стратегия ООН для устойчивого развития в условиях глобализации. – М., 2005. – 248 с.
7. Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Карнажицкая Т.Д., Сыпачева А.М. Определение формальдегида в биологических средах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Гигиена и санитария. – 2002. – № 2. – С. 77–79.
8. Минигалиева И.А., Кацнельсон Б.А., Дегтярева Т.Д., Слышкина Т.В. и др. Экспериментальное испытание комплекса биопротекторов от токсических эффектов формальдегида // Токсикологический вестник. – 2006. – № 5. – С. 13–17.

9. Неплохов А.А., Салихова Р.Л., Неплохов А.И., Дунаев В.Н. Риск для здоровья населения при воздействии химических веществ в воздухе закрытых помещений и селитебных территорий промышленного города // Гигиена и санитария. — 2009. — № 4. — С. 89—91.
10. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Мамчин Н.П. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. — 408 с.
11. Определение химических соединений в биологических средах: Сб. метод. указаний. — М.: Фед. центр ГСЭН МЗ России, 2000. — 152 с.
12. Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Лисецкая Л.Г., Тараненко Н.А. и др. Поиск адекватных биомаркеров для выявления влияния химических факторов на здоровье населения // Казанский медицинский журнал. — 2009. — Т. ХС, № 4. — С. 465—476.
13. Ситало С.Г., Паранько Н.М. Воздействие загрязнения атмосферного воздуха на здоровье детей в Кривом Роге // Гигиена и санитария. — 2009. — № 3. — С. 22—25.
14. Тараненко Н.А., Ефимова Н.В. Биомониторинг формальдегида в пробах мочи детского населения Иркутской области // Гигиена и санитария. — 2007. — № 4. — С. 73—75.
15. Тараненко Н.А., Ефимова Н.В., Рычагова О.А. К вопросу изучения химического загрязнения воздушной среды закрытых помещений детских учреждений городов Иркутской области // Экология человека. — 2009. — № 4. — С. 3—7.
16. Унгурияну Т.Н. Загрязнение атмосферного воздуха и болезни органов дыхания у населения Новодвинска // Гигиена и санитария. — 2007. — № 6. — С. 28—30.
17. Boeniger M.F. Formate in urine as a biological indicator of formaldehyde exposure // Amer. Ind. Hyg. Assoc. J. — 1987. — Vol. 48, N 11. — P. 900—908.
18. Gottschling L.M., Beaulieu H.J., Melvin W.W. Monitoring of formic acid in urine of humans exposed to low level of formaldehyde // Am. Ind. Hyg. Assoc. J. — 1984. — Vol. 45, N 1. — P. 19—23.
19. IPCS: Environmental Health Criteria 89, Formaldehyde. — Geneva: WHO, 1988. — 219 p.
20. Kirschner P. Determination of aldehydes // Peak HP. — 1994. — N 2. — P. 7—10.
21. Konopinski V.J. Seasonal Formaldehyde concentration in an office building // Amer. Ind. Hyg. Assoc. Journal. — 1985. — Vol. 46, N 2. — P. 65—68.
22. Tazaki K., Segawa S., Minami M., Morichi S. Environmental Survey of Indoor Air Pollution by Formaldehyde in Kanazawa // J. of Aerosol Research. — 2002. — Vol. 17, N 4. — P. 284—290.
23. Akito T., Takigawa T., Abe M., Kawai T., Endo Y. Determination of Formaldehyde in Urine by Headspace Gas Chromatography // Bull. Environ. Contam. Toxicol. — 2007. — N 79. — P. 1—4.
24. Zhiqian T., Zhanga J., Luob W., Wangc W. Urine formaldehyde level is inversely correlated to mini mental state examination scores in senile dementia // Neurobiology of Aging. — 2011. — N 32. — P. 31—41.
25. Zaitszeva N.V., Shur P.Z., Dolgih O.V., Karnagitskaya T.D. Cancer risk in children exposed by outdoor and indoor formaldehyde // J. Epidemiology. — 1999. — Vol. 10, N 4. — P. 129—132.

#### Сведения об авторах

**Тараненко Наталья Анатольевна** — кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физико-химических методов исследования Ангарского филиала ФБГУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН (665827, Иркутская область, г. Ангарск, а/я 1170; тел.: (3955) 55-40-88; e-mail: labchem99@gmail.com)