

Тараненко Н.А., Мещакова Н.М., Журба О.М.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ БУТИЛОВЫХ СПИРТОВ И МЕТИЛ-ТРЕТ-БУТИЛОВОГО ЭФИРА

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск

Дана гигиеническая оценка состояния воздушной среды химических производств Восточной Сибири по получению товарных бутиловых спиртов изо- и нормального строения и метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ). На предприятии используются непрерывные технологические циклы с высокой степенью автоматизации и механизации трудоемких операций. Ретроспективное изучение воздуха рабочей зоны указанных производств за многолетний период не выявило превышений ПДКм.р. вредных веществ (бутиловых спиртов, МТБЭ, масляного альдегида, метанола, алифатических углеводородов C_1-C_{10} , оксида углерода, кобальта гидридотетракарбонила), при этом отмечалась заметная тенденция к их снижению в течение периода наблюдений, что связано с внедрением на изучаемых производствах комплекса мероприятий, способствующих оптимизации условий труда работающих. Проведённые в настоящее время исследования свидетельствуют о сохраняющемся воздействии на работающих указанного комплекса химических соединений малой интенсивности, что соответствует допустимому уровню профессионального риска.

Ключевые слова: производства бутиловых спиртов, метил-трет-бутилового эфира; химическое загрязнение воздуха рабочей зоны; физические факторы; оценка условий труда; органы дыхания; неканцерогенный риск.

Для цитирования: Тараненко Н.А., Мещакова Н.М., Журба О.М. Гигиеническая оценка воздуха рабочей зоны химических производств бутиловых спиртов и метил-трет-бутилового эфира. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(9): 835-839. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-835-839>

Для корреспонденции: Тараненко Наталья Анатольевна, канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. аналитической экотоксикологии и биомониторинга, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск. E-mail: labchem99@gmail.com.

Taranenko N.A., Meshchakova N.M., Zhurba O.M.

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE AIR IN THE WORKING AREA OF THE CHEMICAL PLANTS OF BUTYL ALCOHOLS AND METHYL-TRET-BUTYL ETHER

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation

There was made a hygienic assessment of the air environment of chemical production in Eastern Siberia for the production of commercial butyl alcohol of ISO- and normal structure and methyl-tret-butyl ether (MTBE). The company uses continuous processing cycles with a high degree of automation and mechanization of labor-intensive operations. A retrospective study of the air of the working area of these industries over the 13-year period found no exceedances in MAC of harmful substances (butyl alcohols, MTBE, and oil aldehyde, methanol, aliphatic hydrocarbons C_1-C_{10} , carbon monoxide, cobalt tetracarbonyl hydride), there was a noticeable downward trend over the observation period, which is associated with the introduction in the target industries of technical and sanitary-hygienic measures, optimization of working conditions. The studies carried out at the present time indicate a continuing effect on low-intensity chemical compounds operating in the said complex, which corresponds to the permissible level of the occupational risk.

Key words: the production of butyl alcohols; methyl tert-butyl ether; chemical contamination of air of the working area; physical factors; assessment of working conditions; the respiratory system; non-carcinogenic risk.

For citation: Taranenko N.A., Meshchakova N.M., Zhurba O.M. Hygienic assessment of the air in the working area of the chemical plants of butyl alcohols and methyl-tret-butyl ether. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(9): 835-839. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-835-839>

For correspondence: Natalia A. Taranenko, MD, Ph.D., researcher of the Laboratory of analytical ecotoxicology and biomonitoring of the "East-Siberian Institute of Medico-Ecological research, Angarsk, 665827, Russian Federation. E-mail: labchem99@gmail.com.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: 31 March 2017
Accepted: 24 April 2018

Введение

Охрана здоровья работающего населения является одной из наиболее актуальных проблем медицины труда. Значительная часть трудоспособного населения Восточной Сибири (около 30%) работает во вредных и опасных условиях и подвергается в большинстве случаев комплексному воздействию неблагоприятных производственных факторов (химическое загрязнение воздушной среды, нагревающий или охлаждающий микроклимат, шум и др.). Современные предприятия химической про-

мышленности характеризуются использованием непрерывных, замкнутых технологических циклов и относительно высокой степенью автоматизации и механизации трудоемких операций. К числу таких предприятий относятся и химические производства по получению товарных бутиловых спиртов (трет-бутилового и изобутилового) и метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ). Эти соединения служат сырьём для получения различных синтетических материалов, присадок к смазочным маслам, пластификаторов, красок и пластмасс в химической промышленно-

сти, а такие оксигенаты, как бутиловые спирты и МТБЭ являются добавками при получении товарного бензина с высоким моторным октановым числом. Среди них МТБЭ является перспективным компонентом, снижающим токсичность отработанных газов автомобилей, его широко применяют в производстве высокооктановых бензинов как нетоксичный, но менее теплотворный высокооктановый компонент, а также как оксигенат (носитель кислорода), способствующий более полному сгоранию топлива и предотвращению коррозии металлов. Максимальное законодательное содержание МТБЭ в бензинах в Европейском союзе и в России составляет 15%, в Польше – 5%. Экономично добавлять в бензин 5 – 12% МТБЭ. Мировое потребление МТБЭ находится на уровне 20 – 22 млн т в год [1].

Изучаемые химические соединения обладают общетоксическим, раздражающим действием на организм (бутиловые спирты, масляный альдегид, МТБЭ), а также аллергенными свойствами и остро направленным действием (кобальт гидридотетракарбонил, углерод оксид) с эффектами суммации [2 – 4].

В настоящее время сведения, касающиеся изучения условий труда в производствах бутиловых спиртов и МТБЭ, единичны и свидетельствуют о сохраняющемся воздействии на работающих комплекса неблагоприятных факторов малой интенсивности, среди которых ведущим является химический фактор [4, 5].

Цель исследования – гигиеническая оценка воздуха рабочей зоны на химических производствах по получению бутиловых спиртов и МТБЭ.

Материал и методы

Гигиенические исследования проводились на АО «Ангарская нефтехимическая компания» в производстве по получению товарных бутиловых спиртов и МТБЭ.

Отбор и анализ проб воздуха рабочей зоны осуществляли в соответствии с требованиями действующей нормативно-методической документации по утверждённым методикам: определение бутанолов (смесь изомеров) – согласно МУК 4.1.1300-03; метил-трет-бутилового эфира – по МУ № 2703-83; масляного альдегида – по МУ № 5837-91; углеводородов алифатических С₁-С₁₀ – по ПНД Ф 13.1.2.3.25-05; оксида углерода – по ПНД Ф 13.1.2. 3.27-05; кобальта гидридотетракарбонила – по МУ № 2580-82 [6–11]. Всего было отобрано в 10 точках свыше 300 проб воздуха на содержание химических веществ, в каждой точке отбиралось не менее трёх проб. В работе использовали отечественные приборы: фотоэлектроколориметр КФК-2МП и газовый хроматограф «Кристалл-2000» с пламенно-ионизационным детектором и программным обеспечением Net. Chrom V 2.0 (НПФ Мета-Хром, 2006 г.).

Ретроспективное изучение состояния воздушной среды на изучаемых производствах за последние 13 лет выполнено на основе выкопировки и анализа данных ведомственной химико-аналитической лаборатории предприятия. Характеристику риска общетоксических эффектов уровней неканцерогенного хронического риска давали на основе коэффициентов (НҚ) и индексов опасности (НІ), а также суммарного индекса опасности при комбинированном воздействии (ТНІ). Оценку приемлемости рассчитанных уровней риска проводили в соответствии со следующими критериями: минимальный (целевой) риск (НҚ ≤ 0,1; НІ ≤ 1,0), допустимый риск (НҚ = 0,11–1,0; НІ = 1,1–3,0), настораживающий риск (НҚ = 1,1–3,0; НІ = 3,1–6,0) и высокий риск (НҚ > 3; НІ > 6) [12].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Excel, определяли среднюю арифметическую величину и ошибку средней ($M \pm m$),

оценку значимости различий определяли по *t*-критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

В изучаемых производствах технологические процессы автоматизированы, протекают в замкнутой системе оборудования, часть из них вынесена на открытые площадки. Производство «сырых» бутиловых спиртов функционирует в отделении оксосинтеза и включает получение катализатора (раствора карбонила кобальта) для реакции оксирования, получение «сырых» масляных альдегидов и их гидрирование до получения сырых бутиловых спиртов (после удаления катализатора). Получение товарных бутиловых спиртов из сырых бутиловых спиртов осуществляется на ректификационной установке. Готовый продукт направляется для хранения в подземный склад или в открытый резервуарный парк.

В процессе получения бутиловых спиртов в воздух рабочей зоны выделяются бутанолы (смесь изомеров), предельные алифатические углеводороды С₁-С₁₀, углерод оксид, бутаналь (масляный альдегид). На стадии подготовки и приготовления катализатора помимо указанных веществ в воздухе рабочей зоны обнаруживался кобальт гидридотетракарбонил. Как видно из табл. 1, превышений максимально-разовых концентраций указанных соединений в воздухе рабочей зоны от их ПДКр.з. не наблюдалось: в машинном зале сырьевых насосов, операторной технологических установок, щитовой отделения оксосинтеза концентрации масляного альдегида (ПДКр.з. = 5,0 мг/м³; III класс опасности) определялись на уровне 0,3–0,8 ПДК. Бутанолы (ПДКр.з. = 30,0 мг/м³; III класс опасности) обнаруживались лишь в воздушной среде насосного отделения установки приготовления катализатора на уровне 0,5 ПДК. Концентрации предельных углеводородов С₁-С₁₀ (ПДКр.з. = 900,0 мг/м³; IV класс опасности) определялись на уровне 0,01–0,04 ПДК в воздухе рабочей зоны отделений оксосинтеза и на уровне 0,002–0,03 ПДК в воздухе рабочей зоны установки приготовления катализатора, а также в насосной этого отделения. Углерод оксид (ПДКр.з. = 20,0 мг/м³; IV класс опасности) присутствовал в воздухе рабочей зоны насосных отделений и в операторной технологических установок в пределах 0,05–0,3 ПДК. Присутствие кобальта гидридотетракарбонила (ПДКр.з. = 0,01 мг/м³; I класс опасности) зафиксировано в воздухе установки приготовления катализатора и в насосной на уровне 0,8–1,0 ПДК.

МТБЭ (2-метил-2-метоксипропан) получают методом алкилирования метанола изобутиленом на установке по производству МТБЭ:



Основным сырьём для его получения является бутан-бутиленовая фракция (ББФ) после каталитического крекинга. Реакцию осуществляют с помощью кислотного катализатора с высокой селективностью (чаще всего используют ионообменные смолы). В качестве сырья обычно применяют не чистый изобутилен, а фракцию С₄ каталитического крекинга, в которой кроме изобутилена присутствуют и *n*-бутилены (1- и 2-бутены) С₄Н₈. Селективность образования МТБЭ такова, что из смеси углеводородов в реакцию вступает только изобутилен. Непрореагировавшие *n*-бутилены служат, наряду с МТБЭ, товарной продукцией предприятия.

Принципиальная технологическая схема процесса получения МТБЭ следующая: исходная С₄-фракция и метанол поступают в реактор, предназначенный для синтеза основного продукта. Реакционно-ректификационный

Содержание химических веществ в воздухе рабочей зоны производства бутиловых спиртов

Место отбора проб	Основные профессии	Химическое вещество	Концентрация м.р, мг/м ³ ; <i>M</i> ± <i>m</i> , (min–max)
Отделение оксосинтеза бутиловых спиртов:			
насосная	Аппаратчик синтеза, машинист технологических насосов	Бутанола (смесь изомеров)	н.п.о.м.*
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀	35,40 ± 3,72 (33,12–37,00)
щитовая	Аппаратчик синтеза, машинист технологических насосов	Бутанола (смесь изомеров)	н.п.о.м.
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀	11,72 ± 2,24 (10,20–15,50)
		Кобальт гидридотетракарбонил	0,004 ± 0,0004 (0,00–0,008)
		Бутаналь (масляный альдегид)	0,25 ± 0,08 (0,15–0,40)
Машинный зал сырьевых насосов	Машинист технологических насосов	Бутаналь (масляный альдегид)	3,81 ± 0,12 (3,62–3,97)
		Бутанола (смесь изомеров)	н.п.о.м.
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀	н.п.о.м.
		Кобальт гидридотетракарбонил	н.п.о.м.
Операторная	Оператор технологических установок	Бутаналь (масляный альдегид)	2,67 ± 0,08 (2,52–2,85)
		Бутанола (смесь изомеров)	н.п.о.м.
		Углерод оксид	3,53 ± 0,04 (3,12–4,10)
Установка подготовки и приготовления катализатора	Аппаратчик подготовки сырья	Бутаналь (масляный альдегид)	н.п.о.м.
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀	3,25 ± 0,03 (2,10–4,42)
		Кобальт гидридотетракарбонил	0,007 ± 0,0003 (0,00–0,01)
Насосная подготовки сырья	Машинист технологических насосов	Бутанола (смесь изомеров)	н.п.о.м.
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀	25,23 ± 3,22 (20,00 – 31,18)
		Кобальт гидридотетракарбонил	0,007 ± 0,0003 (0,00–0,010)
		Углерод оксид	4,0 ± 1,7 (1,2–6,9)
Насосная установки приготовления катализатора	Аппаратчик приготовления катализатора, машинист технологических насосов	Бутаналь (масляный альдегид)	н.п.о.м.
		Бутанола (смесь изомеров)	7,90 ± 2,91 (0,00–15,8)
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀	15,78 ± 2,2 (11,20–20,16)
		Кобальт гидридотетракарбонил	0,007 ± 0,0003 (0,00–0,010)
		Углерод оксид	1,5 ± 0,6 (1,0–2,3)

Примечание. Здесь и в табл. 2: * – н.п.о.м. – ниже предела обнаружения метода.

аппарат реактора состоит из трёх зон: верхней ректификационной зоны (для отделения непрореагировавших углеводородов C₄ от метанола и эфиров), средней зоны, заполненной катализатором (для синтеза эфира и его вывода из зоны реакции) и нижней зоны (для отделения эфира от углеводородов C₄ и метанола). Полученный МТБЭ транспортируют в товарно-сырьевой парк и используют в качестве высокооктанового кислородсодержащего компонента автобензинов.

Исследование воздуха рабочей зоны на установке по производству МТБЭ показало на отсутствие превышений максимально-разовых концентраций определяемых химических веществ от их гигиенических нормативов (табл. 2). Так, средние максимально-разовые концентрации предельных углеводородов C₁–C₁₀, углерода оксида, метанола колебались, соответственно, на уровне 0,001–0,005; 0,05–0,21; 0,07–0,2 ПДК; концентрации МТБЭ (ПДКр.з. = 300 мг/м³) определялись в пределах 0,01–0,07 ПДК.

По данным ведомственной санитарной лаборатории, ретроспективное изучение воздуха рабочей зоны указанных производств за длительный период наблюдения также не показало превышения концентраций определяемых химических веществ от их гигиенических нормативов. Так, в отделении оксосинтеза бутиловых спиртов (рис. 1) среднегодовые максимально-разовые концентрации бутанола и углерода оксида в разные годы колебались в

пределах от 0,8 до 4,0 мг/м³ и от 4,4 до 10,0 мг/м³ соответственно.

Уровни других вредных веществ определялись в следующих пределах: бутаналь (масляный альдегид) – от 0,1 до 2,0 мг/м³, предельные углеводороды состава C₁–C₁₀ – от 2,0 до 110,0 мг/м³, кобальт гидридотетракарбонил – от 0,002 до 0,01 мг/м³. В процессе производства МТБЭ (рис. 2) среднегодовые максимально-разовые концентрации этого вещества в воздухе рабочей зоны регистрировались в пределах от 1,0 до 14,5 мг/м³, а метанола – от 0,8 до 11,0 мг/м³. В процессе длительного периода наблюдений отмечалось заметное снижение показателей загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами, что связано с внедрением на указанных производствах комплекса инженерно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий, способствующих оптимизации условий труда работающих (изоляция щита управления в отделении оксосинтеза бутиловых спиртов; оснащение технологических установок системами блокировки и сигнализации; техническая модернизация транспортных линий катализатора, снижающая эрозию трубопроводов; замена сальниковых насосов на герметичные (лопастные и мембранные); реконструкция вентиляционных систем и др.).

Поскольку основное воздействие указанные токсиканты оказывают на органы дыхания, нами определялись суммарные индексы опасности (ГИ) уровней неканце-

Содержание химических веществ в воздухе рабочей зоны производства МТБЭ

Место отбора проб	Основная профессия	Химическое вещество	Концентрация м.р, мг/м ³ <i>M ± m, (min–max)</i>
Установка по производству МТБЭ:			
операторная	оператор технологических установок	Метанол	н.п.о.м.*
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀ МТБЭ	3,82 ± 1,82 (1,00–5,24) н.п.о.м.
		Углерод оксид	1,56 ± 0,61 (1,00–2,32)
насосная	машинист технологических насосов	Метанол	н.п.о.м.
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀ МТБЭ	2,32 ± 0,12 (2,20–2,45) 23,32 ± 8,65 (22,12–5,00)
		Углерод оксид	1,65 ± 0,43 (1,15–2,33)
аппаратная	машинист технологических установок	Метанол	1,82 ± 0,81 (1,12–3,05)
		Предельные углеводороды C ₁ –C ₁₀ МТБЭ	1,70 ± 0,12 (1,90–2,11) 22,10 ± 5,80 (11,70–5,40)
		Углерод оксид	3,11 ± 0,90 (2,10–4,25)

рогенного хронического риска для органов дыхания, которые составили у аппаратчиков синтеза и машинистов технологических насосов в отделении оксосинтеза бутиловых спиртов на уровне допустимого риска (ТНІ = 1,1), у операторов и машинистов технологических установок в производстве МТБЭ – на уровне минимального риска (соответственно ТНІ = 0,5 и 0,2).

Таким образом, по содержанию вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны как основному неблагоприятному фактору условия труда работников указанных производств, в соответствии с [13], следует отнести к допустимому классу (2.0).

Исследованиями установлено, что показатели микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) в производствах, как правило, соответствовали допустимым уровням. Так, в производстве бутиловых спиртов параметры температуры в основных производственных помещениях (щитовых, операторских, сырьевых насосов) колебались в пределах 22,1–24,8 °С в летний период и 17–22,4 °С – в зимний; показатели относительной влажности в летний период находились в пределах 16–21%. Вместе с тем в зимний период воздух отличался сухостью при показателях относительной

влажности 11–15%, что соответствует нижней границе допустимых параметров.

В производстве МТБЭ показатели температуры в основных производственных помещениях (операторских, подготовки катализаторов, насосных, установках получения МТБЭ) колебались в пределах 22,0–26,6 °С в летний период и 17,0–22,5 °С в зимний с показателями относительной влажности 15,0–19,7% в зимний период и 27–43% – в летний. Показатели скорости движения воздуха в рабочей зоне обоих производств составляли от 0,1 до 0,2 м/с в летний и в зимний периоды. Таким образом, по показателям микроклимата условия труда работников данных производств, в соответствии с [13], следует отнести к классу 2.0 (допустимому).

При оценке шумового фактора установлено, что шум в основных помещениях указанных производств широкополосный, носит постоянный характер; эквивалентные уровни звука составляли 50–66 дБА, не превышая допустимых значений согласно действующих нормативов. Однако в насосных отделениях обоих производств регистрировалось превышение допустимых уровней звукового давления до 3 дБ в среднем и высокочастотном спектрах. Исходя из этого, по показателям шумового фактора

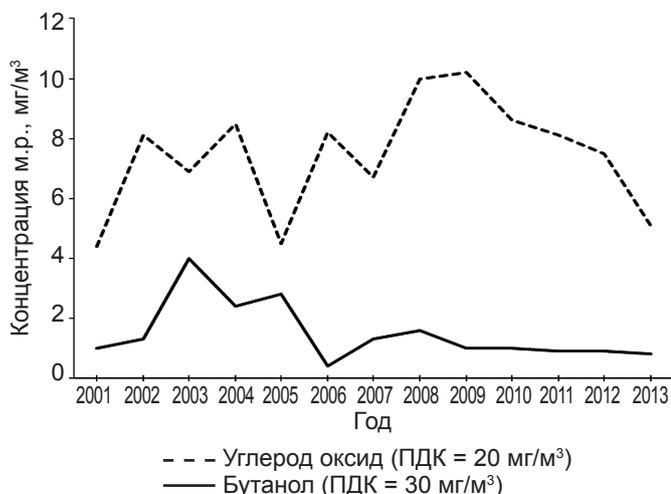


Рис. 1. Уровни загрязнения воздуха рабочей зоны бутанолом и углерода оксидом в цехе оксосинтеза бутиловых спиртов.

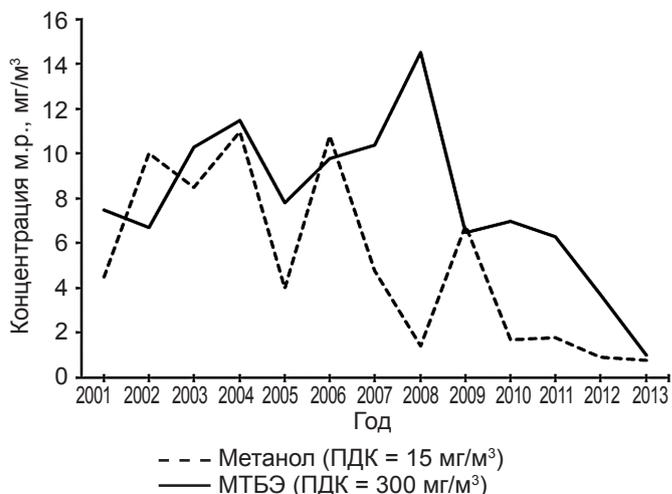


Рис. 2. Уровни загрязнения воздуха рабочей зоны метанолом и МТБЭ в цехе получения МТБЭ.

условия труда работников данных производств, в соответствии с [13], следует отнести к вредному классу 3 первой степени (3.1).

Исследование факторов световой среды в указанных производствах показало, что параметры искусственной освещённости в рабочих помещениях колебались в пределах 180–275 лк (при нормативном 75 лк), а в щитовых и операторских блоках – в пределах 340–385 лк (при нормативном – 300 лк). Полученные данные по показателям освещённости, в соответствии с [13], позволяют отнести условия труда к допустимому классу (2.0). По показателям тяжести и напряжённости условия труда работников указанных производств соответствуют допустимым (класс 2.0). Исходя из результатов гигиенических исследований, общая (интегральная) оценка условий труда в изучаемых производствах, согласно [13], соответствует вредному классу первой степени (3.1) за счёт повышенных уровней шума.

Обсуждение

Как показали наши исследования, воздух рабочей зоны современных химических производств по получению бутиловых спиртов и МТБА загрязняется комплексом вредных химических веществ I, III и IV классов опасности. К ним относятся бутиловые спирты (смесь изомеров), бутаналь (масляный альдегид), метил-трет-бутиловый эфир, метиловый спирт, углерод оксид, предельные углеводороды C_1-C_{10} , кобальт гидридотетракарбонил. Ретроспективное изучение состояния воздуха рабочей зоны указанных производств за многолетний период показало, что концентрации указанных выше вредных химических веществ не только не превышали гигиенические нормативы (ПДК), но и благодаря внедрению комплекса оздоровительных мероприятий заметно снижались в течение периода наблюдений. Об этом свидетельствуют и рассчитанные нами суммарные индексы опасности уровней неканцерогенного хронического риска для органов дыхания, которые составили на уровне допустимого риска у работников отделения оксосинтеза бутиловых спиртов ($TNI = 1,1$), и на уровне минимального риска – у работников производства МТБЭ ($TNI = 0,2-0,5$). Следует отметить, что полученные нами данные о снижении интенсивности воздействия химического фактора на указанных химических производствах совпадают с нашими исследованиями на других современных химических предприятиях Иркутской области [14, 15]. В то же время следует отметить, что, с гигиенической точки зрения, указанные нами производства нуждаются в дальнейшем совершенствовании, в частности, в разработке и внедрении мероприятий по снижению уровней шума в насосных отделениях.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Трет-бутилметиловый эфир. Available at: http://ru.wikipedia.org/wiki/Трет-бутилметиловый_эфир (дата обращения 19.02.16).
2. Маркизова Н.Ф., Гребенюк А.Н., Башарин В.А., Бонитенко Е.Ю. *Спирты: Серия «Токсикология для врачей»*. СПб.: Фолиант, 2004; 60–3.
3. Сайфутдинов Р.Г., Трифонова Э.В. Острая токсичность метил-трет-бутилового эфира. *Казанский медицинский журнал*. 2010; 3: 351–53.
4. Сидрачева И.И., Ситдикова А.В., Алябьев А.С., Рогожа И.В. Исследование возможности вовлечения бутиловых спиртов в бензины производства ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». *Нефтепереработка и нефтехимия*. 2009; 6: 24–8.
5. Измеров Н.Ф. *Российская энциклопедия по медицине труда*. М.: Медицина, 2005; 508–10.
6. ПНД Ф 13.1.2:3.27-99. Методика выполнения измерений массовых концентраций оксида углерода и метана в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны промышленных выбросах методом реакционной газовой хроматографии. М.; 2005: 20 с.

7. ПНД Ф 13.1.2:3.25-99. Методика выполнения измерений массовых концентраций предельных углеводородов C_1-C_{10} (суммарно в пересчете на углерод) в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах методом газовой хроматографии. М.; 2005; 30 с.
8. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе. Выпуск 6-7. М.: МЗ СССР; 1982: 80–3.
9. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе. Выпуск 18. М.: МЗ СССР; 1983: 30–6.
10. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 12 (переработанный) М.: «Рарог»; 1994: 80–1.
11. МУК 4.1.1300-03. Газохроматографическое измерение массовых концентраций метанола, n-бутанола и p-ксилола в воздухе рабочей зоны. М.: Федеральное медико-биологическое агентство. МЗ России, 2003: 10 с.
12. Новиков С.М., Авалиани С.Л., Кислицин В.А., Шашина Т.А., Скворцова Н.С. Развитие методологии оценки риска с учетом гармонизации с международными требованиями. В кн.: *Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Опыт использования методологии оценки риска здоровью населения для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия»*. Ангарск, 2012: 12–6.
13. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.; 2005: 142 с.
14. Тараненко Н.А., Мешчакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Алексеенко А.Н. Санитарно-гигиеническая оценка загрязнения воздуха рабочей зоны хлорорганическими углеводородами в производстве эпихлоргидрина. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2008; 5: 65–8.
15. Мешчакова Н.М., Дьякович М.П., Шаяхметов С.Ф. Динамика нарушений здоровья у работников современных химических производств. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2012; 2(2): 87–91.

References

1. Available at: http://www.ru.wikipedia.org/wiki/TBE/methyl_tert-butyl_ether (accessed 19 February 2016). (in Russian).
2. Markizova N.F., Grebenyuk A.N., Basharin V.A., Bonitenko E.Yu. Alcohols: The series "Toxicology for Doctors" [Spirity: Seriya «Toksikologiya dlya vrachey»] SPb.: Foliant. 2004; 60–3. (in Russian).
3. Saifutdinov R. G., Trifonova E. V. Acute toxicity of methyl- tert-butyl ether. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2010; 3: 351-53. (in Russian).
4. Sidracheva I.I., Sitdikova A.V., Alyab'ev A.S., Rogozha I.V. Study of the possibility of the involvement of butyl alcohols to the gasoline production of JSC «Salavatnefteorgsyntez». *Neftepererabotka i neftekhimiya*. 2009; 6: 24–8. (in Russian).
5. Izmerov N.F. Russian encyclopedia of occupational medicine [Rossiyskaya entsiklopediya po meditsine truda]. Moscow: Medicina, 2005: 508–10. (in Russian).
6. PND F 13.1.2:3.27-99. Method of measurement mass concentrations of carbon monoxide and methane in the atmosphere, the air of the workplace and industrial emissions by reaction gas chromatography. Moscow; 2005: 20 p. (in Russian).
7. PND F 13.1.2:3.25-99. Method of measurement mass concentrations of limited hydrocarbons C_1-C_{10} (summarily in terms of carbon) in the atmospheric air, workplace air and industrial emissions by gas chromatography. Moscow; 2005: 30 p. (in Russian).
8. Methodical guidelines on the determination of harmful substances in the air. Issue 6-7. Moscow: MZ SSSR; 1982: 80–3. (in Russian).
9. Methodical guidelines on the determination of harmful substances in the air. Issue 18. Moscow: MZ SSSR; 1983: 30–6. (in Russian).
10. Methodical guidelines on measuring the concentration of harmful substances in the air of the workplace. Issue 12 (reprocessed). Moscow: «Rarog»; 1994: 80–1. (in Russian).
11. Methodical guidelines 4.1.1300-03. Gas chromatographic measurement of mass concentration of methanol and ethanol, and p-xylene in air of workplace. Moscow: Federal'noe mediko-biologicheskoe agentstvo. MZ Rossii; 2003: 10 p. (in Russian).
12. Novikov S.M., Avaliani S.L., Kislitsin V.A., Shashina T.A., Skvortsova N.S. Development of a methodology for risk assessment, taking into account harmonization with international requirements. In: *Experience in the use of the methodology for assessing the risk to public health for ensuring sanitary and epidemiological well-being: The works of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation*. – Angarsk, 2012: 12-6. (in Russian).
13. R 2.2.2006-05. Guidance on the hygienic assessment of factors of working environment and labor process. Criteria and classification of working conditions. M.; 2005: 142 p. (in Russian).
14. Taranenko N.A., Meshchakova N.M., Shayakhmetov S.F., Alekseenko A.N. Sanitary-hygienic pollution assessment workplace air with chlorogenic hydrocarbons at epichlorohydrin production. *Byulleten' VSNTs SO RAMN*. 2008; 5: 65–8. (in Russian).
15. Meshchakova N.M., Dyakovich M.P., Shayakhmetov S.F. Dynamics of health disorders in employees of modern chemical enterprises. *Byulleten' VSNTs SO RAMN*. 2002; 2(2): 87–91. (in Russian).