

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК: 613.632:678.5/6

Фомин М.В., Аликбаева Л.А., Луковникова Л.В., Сидорин Г.И., Петрова Н.Н.

## ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург

**Цель исследования** – дать токсиколого-гигиеническую оценку компонентов производства поливинилхлорида, обосновать безопасные уровни содержания новых химических веществ для воздуха рабочей зоны и профилактические мероприятия по оптимизации условий труда и проживания населения.

**Материал и методы.** Объектом изучения явился комплекс производства поливинилхлорида (ПВХ). Программа исследований включала: изучение технологического процесса; оценку токсичности и опасности новых химических веществ; характеристику источников выбросов в атмосферный воздух; оценку риска здоровью населения; обоснование величины санитарно-защитной зоны.

**Результаты.** Предприятия по производству ПВХ могут быть потенциальными источниками загрязнения окружающей среды с приоритетным загрязнением атмосферы и воздуха рабочей зоны. Основными организованными источниками выбросов химических веществ являются цеха по производству хлора, винилхлоридмономера, поливинилхлорида и факельные установки. Новые компоненты производства – антиоксидант IRGASTAB PVC76 и пластификатор Plastomoll DOA – по физико-химическим и токсическим характеристикам не представляют опасности острых и хронических отравлений при ингаляционном пути поступления; по параметрам острой токсичности относятся к 4-му классу опасности и являются малоопасными веществами. Антиоксидант IRGASTAB PVC 76 при повторных аппликациях приводит к слабому раздражению кожных покровов, характеризуется слабо выраженными кумулятивными свойствами, при контакте вероятность развития сенсибилизации организма высокая; при введении угнетает активность цитохром P-450-зависимых монооксигеназ (МОГ), что может привести к нарушению детоксицирующей функции печени. Пластификатор Plastomoll DOA активизирует реакции гидроксилирования цитохром P-450-зависимых МОГ, метаболизируется в организме с образованием менее токсичных метаболитов, не нарушает детоксицирующую функцию печени. Выбросы производства в атмосферу могут содержать до 50 загрязняющих химических веществ. Основной вклад в выбросах составляют вещества 3-го и 4-го класса опасности, чрезвычайно опасные и высокоопасные химические вещества составляют до 32% от общего перечня токсикантов. Показатели неканцерогенного риска как без учета, так и с учетом фона находятся на приемлемом уровне, вероятность канцерогенного риска мала. Существует вероятность риска развития навязчивого запаха диоксида азота, диоксида серы, хлорэтена и хлороформа.

**Ключевые слова:** производство поливинилхлорида; токсиколого-гигиеническая оценка; оценка риска здоровью населения.

**Для цитирования:** Фомин М.В., Аликбаева Л.А., Луковникова Л.В., Сидорин Г.И., Петрова Н.Н. Гигиеническое обоснование безопасности эксплуатации предприятия по производству поливинилхлорида. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(4): 347-351. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-347-351>

Fomin M.V., Alikbayeva L.A., Lukovnikova L.V., Sidorin G.I., Petrova N.N.

## HYGIENIC SUBSTANTIATION OF THE SAFETY OPERATION OF THE ENTERPRISE FOR THE PRODUCTION OF POLYVINYL CHLORIDE

I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation

**The purpose of the study** is to provide toxicological-hygienic assessment of components the production of polyvinyl chloride, substantiate safe levels of chemicals in air of the working area and preventive measures on optimization conditions both of work and residence of the population.

**Material and methods.** The object of the study was the complex of production of polyvinyl chloride (PVC). The program of research included the study of the technological process; evaluation of the toxicity and dangers of new chemicals; the characteristic of sources of air emissions; health risk assessment of the population; justification of the size sanitary-protective zone.

**Results.** The enterprise for the production of PVC can be potential source of the environmental pollution, with the priority to pollution of the atmosphere and working area air. The main organized emission sources of the chemicals are departments for the production of chlorine, vinyl chloride monomer, polyvinyl chloride and flare units. New components of production are antioxidant IRGASTAB PVC76 and plasticizer Plastomoll DOA on physico-chemical and toxic characteristics fail to pose a risk of acute and chronic poisoning by inhalation routes of exposure, the parameters of acute toxicity refer to the 4<sup>th</sup> class of danger and seem to be low-hazard substances. Antioxidant IRGASTAB PVC 76 under repeated applications leads to mild irritation of the skin, characterized by a slightly pronounced cumulative properties, in contact with a high likelihood of sensitization of the organism; the introduction inhibits the activity of cytochrome P-450-dependent that may result in the violation of the detoxifying function of the liver. Antioxidant IRGASTAB PVC 76 under repeated applications leads to a slight irritation of the skin, characterized by mild cumulative properties, contact likely to develop sensitization of the organism; upon administration inhibits the activity of cytochrome P-450-dependent MOG that might lead to a violation of the detoxifying liver function. Emissions to the atmosphere can contain up to 50 polluting chemicals. The main contribution to emissions comprises substances of the 3 and 4 hazard class, it is related with extremely dangerous and highly dangerous chemicals up to 32% of the total

*list of toxic substances. Indices of non-cancer risk with or without accounting background are at an acceptable level, the probability of the carcinogenic risk is small. There is a possibility risk of developing obsessive smell of nitrogen dioxide, sulfur dioxide, chlorethene and chloroform.*

**Key words:** *the production of polyvinyl chloride, toxicological-hygienic assessment, health risk assessment of the population.*

**For citation:** Fomin M.V., Alikbayeva L.A., Lukovnikova L.V., Sidoren G.I., Petrova N.N. Hygienic substantiation of the safety operation of the enterprise for the production of polyvinyl chloride. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(4): 347-351. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-347-351>

**For correspondence:** Lilyia A. Alikbayeva, MD, PhD, DSci., professor, head of the Department of the general and military hygiene. I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation. E-mail: [alikkaeva@mail.ru](mailto:alikkaeva@mail.ru)

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study was sponsored by the grant of the Government of Saint-Petersburg (2008).

Received: 16.09.2016

Accepted: 16.01.2017

## Введение

Мировое производство поливинилхлорида (ПВХ) составляет около 45 млн тонн в год, что обусловлено доступностью исходного сырья, относительной легкостью и дешевизной его производства, хорошими физико-химическими свойствами, огромными возможностями его применения в технике, сельском хозяйстве, строительстве, медицине, судо-, авиа-, автостроении и в быту [1–3]. Потребность в новых современных марках ПВХ с заданными технологическими свойствами обуславливает совершенствование технологического процесса, изменения условия труда и степень влияния подобных предприятий на объекты окружающей среды [3–6]. В связи с этим комплексная оценка новых проектируемых предприятий по производству поливинилхлорида является актуальной [7–9].

Цель исследования – дать токсиколого-гигиеническую оценку компонентов производства поливинилхлорида, обосновать безопасные уровни содержания новых химических веществ для воздуха рабочей зоны и профилактические мероприятия по оптимизации условий труда и проживания населения.

## Материал и методы

Объектом изучения явился комплекс производства ПВХ в городе Кстово Нижегородской области мощностью 330 000 т/год.

Программа исследований включала следующие основные направления: изучение технологического процесса производства ПВХ; оценку токсичности и опасности новых химических веществ (IRGASTAB PVC 76 и Plastomoll DOA), не имеющих регламентирующих нормативов для воздуха рабочей зоны; характеристику источников выбросов промышленного комплекса по производству ПВХ в атмосферный воздух; оценку риска здоровью населения; обоснование величины санитарно-защитной зоны комплекса по производству ПВХ; разработку мероприятий по оптимизации условий труда и снижению влияния на здоровье и окружающую среду в результате синтеза ПВХ указанного производства.

На первом этапе был изучен технологический процесс синтеза ПВХ для выявления основных источников выбросов загрязняющих веществ и оценки качества воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха населенных мест.

На втором этапе проведены токсиколого-гигиенические исследования по оценке новых компонентов производства ПВХ – антиоксиданта IRGASTAB PVC 76 и пластификатора Plastomoll DOA, которые могут поступать в воздух рабочей зоны согласно технологической схеме. Экспериментальные исследования осуществляли в соответствии с МУ № 2163–80 «Методические указания к постановке исследований для обоснования санитарных стандартов вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Исследуемые вещества в зависимости от конкретной задачи вводили в желудок, брюшную полость, на кожу и через легкие путем ингаляции самцам белых беспородных крыс и мышам. Моделирование острых ингаляционных смертельных отравлений осуществляли при поступлении максимальной насыщающей концен-

трации паров в условиях свободного испарения при комнатной температуре. Определение пороговой концентрации однократного ингаляционного воздействия исследуемых веществ осуществляли на белых крысах при 4-часовой ингаляции вещества в камерах Б.А. Курляндского. Сразу по завершении ингаляций у животных изучали основные функции организма.

Исследование раздражающего действия на кожу, слизистую глаз осуществляли на белых мышах и крысах (МУ № 2102–79 «Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнения кожи», МУ № 2196–80 «Методические указания к постановке исследований по изучению раздражающих свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций избирательно действующих раздражающих веществ в воздухе рабочей зоны»). Изучение аллергенного действия новых химических веществ проводили по методу выявления гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) на мышах (МУ 1.578–96 «Требования к постановке экспериментальных исследований по обоснованию предельно допустимых концентраций промышленных химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы») путем введения вещества в полном адьюванте Фрейнда (ПАФ). Определение кумулятивных свойств исследовали методом К.С. Lim и соавт. [10]. Для исследования функционального состояния нервной системы был использован метод оценки суммации подпороговых импульсов (СПИ). Ферментативную функцию печени исследовали по активности аспаргатамиотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) в сыворотке крови. Исследования путей биотрансформации веществ изучали путем активации ферментов эндоплазматического ретикула гепатоцитов фенотербиталом и ингибирования четыреххлористым углеродом. Влияние исследуемых веществ на активность микросомальных МОГ изучали косвенными методами оценки монооксигеназной системы по определению скорости окисления аминопирина и времени окисления тиопентала натрия (по длительности тиопенталового сна экспериментальных животных) [10].

На следующем этапе исследований рассчитывали риск здоровью населения, проживающего в зоне влияния выбросов комплекса по производству ПВХ, в соответствии с основными положениями Руководства Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (2005). В качестве базисной исходной информации использовали данные об объемах выброса вредных веществ в атмосферу от каждого источника с учетом возможной суммации; временной режим работы технологического оборудования; токсикологические, канцерогенные, раздражающие свойства веществ и соединений, образующихся в ходе технологического процесса. В соответствии с основными положениями методологии оценки риска оценивали только привносимые уровни загрязнения. Для индивидуального риска немедленных эффектов (неспецифического запаха) – 0,1; риска навязчивого запаха – 0,001; превышения порога запаха – 1; превышения референсных концентраций острого и хронического неканцерогенного риска – 1; канцерогенного – 0,00001.

## Результаты и обсуждение

Комплексные гигиенические исследования установили, что ведущим миграционным потоком поступления загрязняющих

Для корреспонденции: Аликбаева Лилия Абдулхаймовна, д-р мед. наук, проф., зав. каф. общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург. E-mail: [alikkaeva@mail.ru](mailto:alikkaeva@mail.ru)

Таблица 1

## Характеристика выбросов по классам опасности веществ

Класс опасности	Количество веществ	Выброс, т/год	%
1-й	2	29,03823	15,83
2-й	12	28,938869	15,77
3-й	13	58,323347	31,79
4-й	6	51,300563	27,96
Не установлен	17	15,866333	8,65
Всего...	50	183,467342	100,00

веществ от производств ПВХ в окружающую среду является воздушный. Основными источниками выбросов химических веществ являются цеха по производству хлора, винилхлоридно-номера (ВХМ), ПВХ и факельные установки. Источники загрязнения атмосферного воздуха непосредственно от предприятия – организованные и неорганизованные (автотранспорт).

Выбросы производств ПВХ в атмосферный воздух имеют сложный состав. При работе предприятия на полную мощность в воздух атмосферы возможно поступление 50 загрязняющих веществ. Валовой выброс завода составит 183,467343 т/г, из них твердых веществ (6) – 0,459484 т/г, жидких и газообразных (44) – 183,007859 т/г. Основной вклад в выбросах составляют вещества 3-го и 4-го класса опасности. На долю чрезвычайно опасных и высокоопасных химических веществ приходится до 32% от общего перечня (табл. 1).

Несмотря на полную автоматизацию технологического процесса и принудительную приточно-вытяжную вентиляцию, при производстве ПВХ в воздух рабочей зоны при подготовке, хранении и загрузке реагентов для синтеза ПВХ возможно поступление химических веществ, используемых или образующихся в процессе производства.

В технологический процесс получения ПВХ производственного комплекса в Нижегородской области вводятся новые компоненты – антиоксидант IRGASTAB PVC 76 и пластификатор Plastomoll DOA, гигиенические регламенты которых в воздухе рабочей зоны не обоснованы, поэтому изучение токсичности и опасности данных химических веществ необходимо для обоснования безопасности производства ПВХ.

Результаты исследования острой токсичности IRGASTAB PVC 76 и Plastomoll DOA показали, что по параметрам токсикометрии исследуемые сложные эфиры относятся к 4-му классу опасности (ГОСТ 12.1.007–76). Среднесмертельные дозы при введении в желудок крысам IRGASTAB PVC 76 составляют более 20 г/кг, для Plastomoll DOA – 13,4 г/кг. При изучении возможности острого отравления ингаляционным путем гибели животных в период воздействия изучаемых веществ и в последующий 14-дневный срок наблюдения не отмечалось. Не были обнаружены и другие видимые клинические признаки токсического действия IRGASTAB PVC 76 и Plastomoll DOA на животных. Это свидетельствует о малой летучести и низкой токсичности исследуемых веществ при ингаляционном пути поступления, а также о малой вероятности острых ингаляционных отравлений на производстве (табл. 2).

У животных, подвергавшихся динамической 4-часовой ингаляции Plastomoll DOA на уровне 5 мг/м<sup>3</sup>, проводили исследование основных функций организма: ЦНС – по способности к суммации пороговых импульсов (СПП) и изменению поведенческих реакций («норковый» рефлекс); раздражающий эффект на верхние отделы дыхательных путей регистрировали по изменению частоты дыхания; мембранотоксическое действие оценивали по устойчивости мембран эритроцитов. В крови определяли содержание эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина; уровень восстановленного глутатиона; функцию печени изучали по активности аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы в сыворотке крови и по количеству выделившихся метаболитов аминопирина с мочой и нагрузке с тиопенталом натрия; функцию почек – по величине суточного диуреза, содержанию белка и хлоридов в моче и титруемой кислотности мочи. Анализ экспериментальных данных свидетельствовал о том, что мак-

## Параметры острой токсичности IRGASTAB PVC 76 и Plastomoll DOA

Исследуемое вещество	Вид животных	Способ введения	Доза, г/кг		
			DL <sub>16</sub>	DL <sub>50</sub>	DL <sub>84</sub>
IRGASTAB PVC 76	Мыши	В брюшную полость	2,20	5,06 (3,67 ÷ 6,98)	7,91
		В желудок		> 15,0	
	Крысы	В брюшную полость	7,05	10,0 (8,62 ÷ 11,6)	12,95
		В желудок		> 20,0	
Plastomoll DOA	Мыши	В брюшную полость		> 10	
		В желудок		> 15	
	Крысы	В брюшную полость		> 15	
		В желудок	8,55	13,4 (10,72 ÷ 16,75)	18,25

симально создаваемая концентрация паров Plastomoll DOA при 20 °C и 760 мм рт. ст., равная 5 мг/м<sup>3</sup>, не вызвала статистически достоверных изменений ни одного из выбранных показателей.

Оценка местного раздражающего действия на кожу IRGASTAB PVC 76 и Plastomoll DOA при однократном и повторном воздействии показала, что изучаемые вещества вызывают слабораздражающее действие. Однако IRGASTAB PVC 76 не оказывает раздражающего действия на слизистую глаз. Однократное нанесение пластификатора Plastomoll DOA на слизистые глаз оказывает слабораздражающее действие (1-й класс, МУ 2196–80).

Исследования кожно-резорбтивного действия показали, что однократная аппликация Plastomoll DOA на кожу белых мышей не вызвала гибели, снижения массы тела и других симптомов интоксикации (в том числе и эритемы) как в момент нанесения, так и в последующий 14-дневный период наблюдения. Повторные аппликации Plastomoll DOA также не приводили к гибели подопытных животных, однако в течение всего 14-дневного периода наблюдения отмечался жидкий стул и снижение массы тела на 2–7% по сравнению с исходной. Результаты оценки кожно-резорбтивного действия указывают, что IRGASTAB PVC 76 не проникает через кожу при однократном и повторном нанесении.

Исследование аллергенных свойств свидетельствует о возможности сенсibilизации организма при контакте с антиоксидантом IRGASTAB PVC 76, что позволяет рассматривать данное вещество как потенциальный аллерген. Пластификатор Plastomoll DOA не оказывает аллергенного действия на организм животных.

При исследовании кумулятивных свойств IRGASTAB PVC 76 выявлено, что гибель животных не наступала даже при введении суммарной дозы 5,24 DL<sub>50</sub>, не наблюдалось и других признаков интоксикации. Величина K<sub>кум</sub> больше 5, что в соответствии с принятой классификацией Л.И. Медведя [12] позволяет отнести IRGASTAB PVC 76 к веществам со слабыми кумулятивными свойствами.

Следующим этапом исследований было изучение возможных путей превращения IRGASTAB PVC 76 и Plastomoll DOA системных микросомальных МОГ, локализованных преимущественно на мембранах эндоплазматического ретикула гепатоцитов. Для решения поставленной задачи провели несколько серий экспериментов. В первой серии экспериментов изучали возможные пути метаболизма IRGASTAB PVC 76 и Plastomoll DOA с помощью индуктора и ингибитора микросомальных МОГ. Установлено, что предварительная индукция системы оксидаз смешанной функции фенобарбиталом снижает токсичность Plastomoll DOA на 17%. В результате метаболизма Plastomoll DOA системных МОГ в организме образуются менее токсичные метаболиты. Напротив, после ингибирования ферментов МОГ четыреххлористым углеродом введение среднесмертельной дозы Plastomoll DOA приводило к незначительному повышению токсичности

исследуемого вещества (на 10%). Введение экспериментальным животным антиоксиданта IRGASTAB PVC 76 на фоне индукции фенобарбиталом и ингибирования микросомальных ферментов четыреххлористым углеродом практически не отразилось на токсичности названного вещества.

Для выяснения влияния антиоксиданта IRGASTAB PVC 76 и пластификатора Plastomoll DOA на функциональное состояние ферментов МОГ провели серию экспериментов на фоне трехдневного введения в брюшную полость 1/3DL<sub>50</sub> исследуемых веществ. В экспериментах показано, что трехдневное введение 1/3DL<sub>50</sub> Plastomoll DOA незначительно активирует реакции гидроксилирования цитохром P-450-зависимых МОГ, о чем свидетельствует скорость окисления тиопентала натрия в организме экспериментальных животных.

Противоположные результаты в данной серии экспериментов были получены при введении IRGASTAB PVC 76. Трехдневное введение в брюшную полость 1/3DL<sub>50</sub> IRGASTAB PVC 76 экспериментальным животным привело к угнетению активности цитохром P-450-зависимых МОГ, что подтверждается увеличением продолжительности тиопенталового сна, а также уменьшением выделения метаболитов аминопирина с мочой экспериментальных животных. Выявленное изменение активности микросомальных МОГ при интоксикации IRGASTAB PVC 76 по типу ингибирования может привести к нарушению детоксицирующей функции печени, а также к функциональным расстройствам других органов и систем, поскольку многие биологически активные вещества, такие как стероидные гормоны, желчные кислоты, жирорастворимые витамины и др., метаболизируются ферментами цитохром P-450-зависимых МОГ.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований по изучению метаболической активности ферментов МОГ после введения в брюшную полость высоких доз (1/3DL<sub>50</sub>) антиоксиданта IRGASTAB PVC 76 и пластификатора Plastomoll DOA показали, что исследуемый пластификатор незначительно активирует реакции гидроксилирования цитохром P-450-зависимых МОГ, метаболизируется в организме с образованием менее токсичных метаболитов по сравнению с целой молекулой вещества, не является ингибитором цитохром P-450-зависимых МОГ, не нарушает детоксицирующую функцию печени даже при введении высоких доз, близких к смертельным.

Антиоксидант IRGASTAB PVC 76 угнетает активность цитохром P-450-зависимых МОГ, что может привести к нарушению детоксицирующей функции печени, а также к функциональным расстройствам других органов и систем.

Новые компоненты производства ПВХ антиоксидант IRGASTAB PVC 76 и пластификатор Plastomoll DOA по физико-химическим и токсическим характеристикам не представляют опасности острых и хронических отравлений на производстве.

Следующим этапом исследований была оценка риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния комплекса по производству ПВХ.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха при работе комплекса по производству ПВХ и последующий риск для здоровья населения представляют окислы азота, хлорэтен (винилхлорид), 1,2-дихлорэтан, оксид углерода, пыль поливинилхлорида, соляная кислота, хлорэтан, натрия хлорид.

Приоритетными веществами по вкладу в выбросы в атмосферный воздух являются: азота диоксид – 22,4%, 1,2-дихлорэтан – 10,9%, хлорэтен (винилхлорид) – 15,8%, углерода оксид – 24,6%, и пыль ПВХ – 7,2%.

Из 50 веществ, входящих в состав выбросов предприятий по производству ПВХ, 4 вещества по классификации МАИР: хлорэтен, бензо[а]пирен, эпоксиэтан, трихлорэтилен относятся к 1-й группе веществ с доказанной канцерогенностью для человека. Трихлорметан, 1,2-дихлорэтан и тетрахлорметан относятся ко 2-й группе веществ, вероятно канцерогенных для человека. Наиболее высокий индекс сравнительной канцерогенной опасности (HRIc) установлен для 1,2-дихлорэтана (20,05) – вклад 98%.

Индексы сравнительной неканцерогенной опасности и доля вклада в выбросы наиболее высокие для: хлорэтана (3,5) – вклад 29,2%, хлорэтена (2,9) – вклад 24,2%, 1,2-дихлорэтана (2) – вклад 16,7% и хлора (1,6) – вклад 13,1%.

Для оценки риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния производства ПВХ, из 50 веществ, поступающих в

атмосферный воздух от завода, выделили перечень из 26 химических веществ, в который вошли: все канцерогенные вещества; неканцерогенные вещества, имеющие наиболее высокий ранг по индексу сравнительной неканцерогенной опасности и высокий вклад в выбросы, а также вещества, входящие в перечень фоновых концентраций. Девять из выбранных веществ нормируются по резорбтивному типу действия, одиннадцать – по рефлекторно-резорбтивному и два – по рефлекторному, четыре имеют регламент ОБУВ в атмосферном воздухе.

Оценку максимальных уровней загрязнения приземного слоя атмосферы проводили в 18 точках воздействия: на границе территории объекта, на границе и на территории существующей жилой застройки, на границе нормативной (1000 м) и проектируемой санитарно-защитной зоны (800 м).

Ожидаемые максимальные уровни загрязнения достигают нормативного значения на территории предприятия, а ожидаемые среднегодовые – на расстояниях менее 1000 м.

Расчеты канцерогенного риска здоровью показали, что на расстоянии 800 и 1000 м от комплекса по производству ПВХ уровни индивидуального канцерогенного риска менее 10<sup>-6</sup>, что соответствует приемлемому уровню риска. Вещества, входящие в перечень канцерогенов, подлежат регулярному контролю.

Проведенные расчеты для диоксида азота, диоксида серы, хлорэтена и хлороформа на расстоянии 1000 и 800 м, показали, что имеется вероятность развития риска навязчивого запаха для населения, проживающего на территории в зоне влияния предприятия.

Вероятность развития неканцерогенных эффектов у населения, проживающего в пределах влияния выбросов в атмосферу от комплекса по производству ПВХ, свидетельствует, что на расстоянии 800 и 1000 м рассчитанные уровни суммарного индивидуального неканцерогенного риска и индивидуального неканцерогенного риска соответствуют допустимому уровню.

Учитывая, что характеристики канцерогенного риска от воздействия выбросов комплекса по производству ПВХ на расстоянии 800 м и 1000 м малы, показатели неканцерогенного риска как без учета, так и с учетом фона находятся на приемлемом уровне, нет достаточных оснований прогнозировать возникновение взаимозависимости между показателями заболеваемости населения, проживающего в зоне влияния предприятий, и величиной выбросов от данного предприятия.

Очевидно, что работа комплекса по производству ПВХ в г. Кстово должна сопровождаться постоянным наблюдением за содержанием в приземном слое атмосферы диоксида азота, диоксида серы, хлорэтена и хлороформа и обязательным проведением мероприятий с целью устранения вероятности риска возникновения навязчивого запаха для обеспечения уровней предельно допустимого риска для здоровья населения.

Таким образом, в соответствии с проектными решениями строительства комплекса по производству ПВХ при выполнении оценки риска для здоровья можно прогнозировать сохранение здоровья населения, проживающего в зоне влияния предприятия.

## Выводы

1. Современные предприятия по производству ПВХ могут быть потенциальными источниками загрязнения окружающей среды с приоритетным загрязнением атмосферы и воздуха рабочей зоны. Основными организованными источниками выбросов химических веществ являются цеха по производству хлора, винилхлорид мономера, ПВХ и факельные установки. При подготовке, хранении и загрузке реагентов для синтеза ПВХ возможно поступление химических веществ в воздух рабочей зоны.

2. Новые компоненты производства ПВХ антиоксидант IRGASTAB PVC 76 и пластификатор Plastomoll DOA по физико-химическим и токсическим характеристикам не представляют опасности острых и хронических отравлений при ингаляционном пути поступления на производстве, по параметрам острой токсичности относятся к 4-му классу опасности и в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007–76 являются малоопасными веществами.

3. Антиоксидант IRGASTAB PVC 76 при повторных аппликациях приводит к слабому раздражению кожных покровов, характеризуется слабо выраженными кумулятивными свойствами;

при контакте высока вероятность развития сенсибилизации организма; введение 1/3DL<sub>50</sub> IRGASTAB PVC 76 угнетает активность цитохром Р-450-зависимых МОГ, что может привести к нарушению детоксицирующей функции печени, а также к функциональным расстройствам других органов и систем. Пластификатор Plastomoll DOA при введении в дозе 1/3DL<sub>50</sub> активирует реакции гидроксилирования цитохром Р-450-зависимых МОГ, метаболизируется в организме с образованием менее токсичных метаболитов, не нарушает детоксицирующую функцию печени.

4. Выбросы производства ПВХ в атмосферный воздух могут содержать до 50 загрязняющих химических веществ. Основной вклад в выбросах составляют вещества 3-го и 4-го класса опасности. Чрезвычайно опасные и высокоопасные химические вещества составляют до 32% от общего перечня загрязняющих веществ. Ожидаемые максимальные уровни загрязнения достигают нормативного значения на территории предприятия, а ожидаемые среднегодовые – на расстояниях менее 1000 м.

5. Показатели неканцерогенного риска как без учета, так и с учетом фона находятся на приемлемом уровне (менее 10<sup>-4</sup>), вероятность канцерогенного риска мала (менее 10<sup>-6</sup>). Существует вероятность риска развития навязчивого запаха диоксида азота, диоксида серы, хлорэтена и хлороформа, так как прогнозируемые значения названных веществ являются неприемлемыми (менее 10<sup>-3</sup>) на расстоянии 1000 и 800 м от предприятия по производству поливинилхлорида.

**Финансирование.** Грант Правительства Санкт-Петербурга (2008 г.)

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература (п. п. 10 см. References)

1. Левин А.Л. Перспективы развития производств винилхлорида. В кн.: Шаронова З.В., ред. *Вопросы гигиены и охраны труда, промышленной токсикологии и профпатологии в производствах сырья для синтетических смол, каучука и пластмасс*. Горький; 1973: 3–5.
2. Заиков Г.Е. *Деструкция и стабилизация полимеров*. М.: МИТХТ; 1990.
3. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниэлс Ч., ред. *Поливинилхлорид*. Пер. с англ. СПб.: Профессия; 2007.
4. Дорогова В.Б., Мешакова Н.М., Журба О.М. Оценка производства винилхлорида и поливинилхлорида как источников загрязнения воздушной среды рабочих помещений и их влияние на организм работающих. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2008; (1): 83–8.
5. Рахманин Ю.А., Новиков С.М. Оценка риска здоровью человека как основа для дальнейшего развития экологии человека и гигиены окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2003; 82(3): 5–13.
6. Сидорин Г.И., Луковникова Л.В., Фролова А.Д. Характеристики биологического окисления – критерий экологической нагрузки различными химическими веществами на организм. В кн.: *Экологическая безопасность городов: материалы конференции*. СПб.; 1993: 177–8.
7. Данишевский С.Л., Брайтман А.Я., Калинин Б.Ю., Комарова Е.Н., Крынская И.Л. Токсикологическая и санитарно-химическая характеристика пластических масс. В кн.: Гарбар М.И., Акутина М.С., Егорова Н.М., ред. *Справочник по пластическим массам*. Том 1. М.: Химия; 1967: 406–54.
8. Лемешевская Е.П., Жукова Е.В. Вопросы гигиены труда в крупнотоннажном производстве поливинилхлорида. *Медицина труда и промышленная экология*. 1995; (6): 17–20.
9. Фомин М.В. Гигиеническая оценка выбросов в атмосферный воздух предприятий по производству поливинилхлорида. В кн.: *Актуальные проблемы медицины и биологии: материалы научно-практической конференции*. СПб.: СПбГМА им. И.И. Мечникова; 2010: 92–3.

11. Сидорин Г.И., Луковникова Л.В., Фролова А.Д. Ингибиторный анализ биологического окисления как методический прием ускоренного прогнозирования метаболизма и механизма токсического действия промышленных ядов. В кн.: *Актуальные вопросы общей и корабельной токсикологии: материалы конференции*. СПб.; 1994.
12. Саноцкий И.В., Уланова И.П. Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений. – М.: Медицина, 1975. – 325 с.

## References

1. Levin A.L. Prospects for the development of vinyl chloride production. In: Sharonova Z.V., ed. *Issues of Occupational Health and Safety, Industrial Toxicology and Occupational Pathology in the Production of Raw Materials for Synthetic Resins, Rubber and Plastics [Voprosy gigieny i ohrany truda, promyshlennoy toksikologii i profpatologii v proizvodstvakh syr'ya dlya sinteticheskikh smol, kauchuka i plastmass]*. Gor'kiy; 1973: 3–5. (in Russian)
2. Zaikov G.E. *Destruction and Stabilization of Polymers [Destruksiya i stabilizatsiya polimerov]*. Moscow: MITKhT; 1990. (in Russian)
3. Wilkers C.E., Summers J.W., Daniels C.A., eds. *PVC. Handbook*. Munich: Carl Hanser Verlag; 2005.
4. Dorogova V.B., Meshchakova N.M., Zhurba O.M. Evaluation of the production of vinyl chloride and polyvinylchloride as sources of air pollution for work premises and their impact on the working organism. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2008; (1): 83–8. (in Russian)
5. Rakhmanin Yu.A., Novikov S.M. Assessment of the risk to human health as a basis for the further development of human ecology and environmental health. *Gigiena i sanitariya*. 2003; 82(3): 5–13. (in Russian)
6. Sidorin G.I., Lukovnikova L.V., Frolova A.D. Assessment of the risk to human health as a basis for the further development of human ecology and environmental health. In: *Ecological Security of Cities: Conference Materials [Ekologicheskaya bezopasnost' gorodov: materialy konferentsii]*. St. Petersburg; 1993: 177–8. (in Russian)
7. Danishevskiy S.L., Braytman A.Ya., Kalinin B.Yu., Komarova E.N., Krynskaya I.L. Toxicological and sanitary-chemical characteristics of plastics. In: Garbar M.I., Akutina M.S., Egorova N.M., eds. *Handbook of Plastic Masses. Volume 1 [Spravochnik po plasticheskim massam. Tom 1]*. Moscow: Khimiya; 1967: 406–54. (in Russian)
8. Lemeshevskaya E.P., Zhukova E.V. Issues of occupational health in the large-capacity production of polyvinyl chloride. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 1995; (6): 17–20. (in Russian)
9. Fomin M.V. Hygienic assessment of emissions into the air of enterprises producing polyvinyl chloride. In: *Actual Problems of Medicine and Biology: Materials of the Scientific-practical Conference [Aktual'nye problemy meditsiny i biologii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. St. Petersburg: SPbGMA im. I.I. Mechnikova; 2010: 92–3. (in Russian)
10. Lim K.S., Rink K.G., Glass H.G., Soaje-Echague E. A method for the evaluation of cumulation and tolerance by the determination of acute and subchronic median effective doses. *Arch. intern. Pharmacodyn*, 1961. 130(3-4): 336–353.
11. Sidorin G.I., Lukovnikova L.V., Frolova A.D. Inhibitory analysis of biological oxidation as a methodical method for accelerated prediction of metabolism and the mechanism of toxic effects of industrial poisons. In: *Actual Issues of General and Shipborne Toxicology: Conference Materials [Aktual'nye voprosy obshchey i korabel'noy toksikologii: materialy konferentsii]*. St. Petersburg; 1994. (in Russian)
12. Sanockij I.V., Ulanova I.P. Criteria of harmfulness in hygiene and toxicology when assessing the hazard of chemical compounds. Moscow: Meditsina, 1975.