

УДК 547.022.1 : 615.917

# ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ СМЕСИ ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ $C_1$ - $C_5$ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

А.С. Радиллов<sup>1</sup>, И.Е. Шкаева<sup>1</sup>,  
Х.Х. Хамидулина<sup>2,3</sup>, С.А. Солнцева<sup>1</sup>, О.С.  
Никулина<sup>1</sup>, А.И. Николаев<sup>1</sup>, В.Б. Попов<sup>1</sup>,  
Г.А. Протасова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «НИИ гигиены, профпатологии и  
экологии человека» ФМБА России, 188663  
Ленинградская область, Всеволожский район,  
г.п. Кузьмолковский, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФБУЗ «Российский регистр потенциально  
опасных химических и биологических веществ»  
Роспотребнадзора, 117105, г. Москва,  
Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия  
непрерывного медицинского образования»  
Минздрава России, 125993, г. Москва,  
Российская Федерация

Проведены экспериментальные исследования по оценке токсичности и опасности смеси предельных углеводородов  $C_1$ - $C_5$  при загрязнении атмосферного воздуха. Показано, что смесь является малотоксичной при однократном воздействии, не оказывает раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаз,  $Li_{mac}$  смеси  $C_1$ - $C_5$  по резорбтивному эффекту установлен на уровне 25300 мг/м<sup>3</sup>, по рефлекторному эффекту – 3100 мг/м<sup>3</sup>. В хроническом непрерывном 90-суточном эксперименте при действии смеси обнаружены проявления хронической интоксикации – нарушения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, биохимических процессов, пороговая концентрация смеси составила 255,7 мг/м<sup>3</sup>. По итогам проведенных исследований обоснованы гигиенические нормативы (ПДКс.с., ПДКм.р.) и класс опасности смеси предельных углеводородов  $C_1$ - $C_5$  в атмосферном воздухе населенных мест.

**Ключевые слова:** предельные углеводороды; смесь; токсичность; опасность; ингаляция; одориметрия; предельно допустимая концентрация.

**Введение.** Предельные углеводороды являются одними из наиболее распространенных химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Основными источниками поступления углеводородов в атмосферу являются деятельность промышленных предприятий, в том числе по переработке нефти, и постоянно растущее движение автотранспорта [1 – 3].

Анализ литературных сведений показал, что первые члены гомологического ряда алканов

(класс химических соединений, отвечающих эмпирической формуле  $C_nH_{2n+2}$ ) – метан, этан, пропан, бутан и пентан – отличаются большой стойкостью и малой химической активностью [4 – 7]. Предельные углеводороды  $C_1$ - $C_5$  являются малотоксичными веществами, относятся к группе асфиксантов, оказывают выраженное наркотическое действие. Бутан и пентан могут вызывать нарушения нервной и дыхательной систем. В настоящее время установлены сле-

**Радиллов Андрей Станиславович (Radilov Andrey Stanislavovich)**, д.м.н., проф., заведующий отделом токсикологии, заместитель директора по научной работе ФГУП «НИИГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, radilov@rihophe.ru

**Шкаева Ирина Евгеньевна (Shkaeva Irina Evgenyevna)**, к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела токсикологии ФГУП «НИИГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, ieszkaeva@list.ru

**Хамидулина Халида Хизбулаевна (Khamidulina Khalidia Khizbulaevna)**, д.м.н., проф., директор ФБУЗ «Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» Роспотребнадзора; проф., заведующий кафедрой гигиены ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, 117105, г. Москва, director@rosreg.info

**Солнцева Светлана Андреевна (Solnzeva Svetlana Andreevna)**, младший научный сотрудник ФГУП «НИИГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, piigrech@rihophe.ru

**Никулина Ольга Сергеевна (Nikulina Olga Sergeevna)**, младший научный сотрудник ФГУП «НИИГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, piigrech@rihophe.ru

**Николаев Анатолий Иванович (Nikolaev Anatoliy Ivanovich)**, к.х.н., старший научный сотрудник ФГУП «НИИГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, piigrech@rihophe.ru

**Попов Вадим Борисович (Popov Vadim Borisovich)**, д.б.н., ведущий научный сотрудник ФГУП «НИИГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, piigrech@rihophe.ru

**Протасова Галина Аркадьевна (Protasova Galina Arkadievna)**, к.м.н., ведущий научный сотрудник ФГУП «НИИГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, piigrech@rihophe.ru

дующие гигиенические нормативы для атмосферного воздуха: максимальная разовая ПДК бутана – 200 мг/м<sup>3</sup>, пентана – 100 мг/м<sup>3</sup>, средне-суточная ПДК пентана – 25 мг/м<sup>3</sup> [8 – 10]. Для смеси предельных углеводородов C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> (метан, этан, пропан, бутан, пентан) ПДК в атмосферном воздухе населенных мест до настоящих исследований отсутствовали.

*Целью работы* являлось изучение токсического действия смеси предельных углеводородов C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> в условиях однократного и хронического поступления в организм и обоснование предельно допустимых концентраций для атмосферного воздуха населенных мест.

**Материалы и методы исследования.** Смесь предельных углеводородов C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> (табл.1) при температуре 20°C и нормальном атмосферном давлении представляет собой бесцветный газ с легким специфическим запахом.

Исследования проводили в соответствии с «Методическими указаниями по обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», а также с учетом других методических рекомендаций [11 – 15]. Токсикологические свойства смеси C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> изучали при ингаляционном пути поступления в организм, а также при контакте с кожными покровами в условиях однократного и повторного воздействия.

Моделирование ингаляционного воздействия смеси проведено в стальных герметичных камерах объемом 0,60 м<sup>3</sup>, снабженных приточно-вытяжной вентиляцией и освещением. Температура воздуха в камерах колебалась в пределах 18 – 23°C, относительная влажность – 60 – 85%, содержание CO<sub>2</sub> не превышало 0,07%.

Смесь подавали в камеры с помощью специально сконструированного дозатора, позволяющего точно регулировать и постоянно поддерживать заданную концентрацию смеси в течение эксперимента. Непрерывное функционирование дозатора осуществлялось под управлением компьютера типа IBM PC с по-

мощью программы, созданной на языке Visual Basic 6.0.

Дозирующее устройство состояло из управляемых программой трехходовых пневматических распределителей, эластичного баллона из латекса и трехканального делителя потока. К входному штуцеру каждого пневмораспределителя через редуктор и регулирующий вентиль присоединялся газовый баллон с соответствующим углеводородом. Выходные штуцеры пневмораспределителей объединялись последовательно, образуя общую газовую систему, замкнутую на эластичный баллон. Каждый из пневмораспределителей поочередно включался на определенное, установленное заранее экспериментально, время, в результате чего в баллоне создавалась находящаяся под избыточным давлением смесь паров углеводородов требуемого состава. Затем пневмораспределитель переключал баллон на камеры для ингаляционного воздействия, в которые газовая смесь поступала через регулируемый трехканальный делитель потока, делящий входящий поток газа в соотношении 1:10:100. Постоянство задаваемой в камерах концентрации смеси углеводородов обеспечивалось высокой стабильностью параметров работы дозатора и делителей потока.

Контроль за содержанием смеси предельных углеводородов в воздушной среде затравочных камер проводили с помощью разработанного газохроматографического метода.

О состоянии подопытных животных судили по комплексу методов, позволяющих выявить изменения на различных структурно-функциональных уровнях организма. Использовали интегральные, физиологические, гематологические и биохимические показатели. Исследовали биомаркеры повреждающего действия смесей предельных углеводородов с использованием мультикомплексного анализа, определяли метаболиты компонентов смеси.

Для изучения рефлекторного действия смеси предельных углеводородов определяли порог

Таблица 1

Состав исследуемой смеси предельных углеводородов\*

Компоненты смеси нормальных алканов C <sub>1</sub> -C <sub>5</sub> (масс. %)						
CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
23	3	48	7	11	5	3

Примечание\* – Наиболее характерные соотношения углеводородов при загрязнении атмосферного воздуха.

обонятельного ощущения на волонтерах, с использованием специальной ольфакторной установки [13].

**Результаты и обсуждение.** При однократном ингаляционном воздействии установлено, что смесь предельных углеводородов  $C_1-C_5$  по параметрам острой токсичности относится к малотоксичным веществам,  $CL_{50}$  для крыс составляет 785700 мг/м<sup>3</sup>, для мышей – 690000 мг/м<sup>3</sup>. В клинической картине интоксикации преобладали признаки наркотического действия. Смесь углеводородов не оказывала раздражающего действия на слизистую оболочку глаза и кожу лабораторных животных.

С целью определения порога однократного ингаляционного действия испытывали концентрации смеси: 125000, 25300 и 5000 мг/м<sup>3</sup>. Исследование подопытных животных проводили в динамике – после 4-часовой экспозиции и через сутки после экспозиции. Показано, что однократное ингаляционное воздействие смеси  $C_1-C_5$  в концентрации 125000 мг/м<sup>3</sup> вызывало у подопытных животных изменение поведенческих реакций – угнетение двигательной активности и «норкового» рефлекса, снижение уровня болевой чувствительности ( $p < 0,05$ ), увеличение содержания тромбоцитов в периферической крови, а также изменение биохимических показателей крови (АЛТ, ЛДГ). Наименьшей концентрацией смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$ , при которой зарегистрированы значимые изменения физиологических и гематологических показателей, оказалась 25300 мг/м<sup>3</sup>. Концентрация смеси 5000 мг/м<sup>3</sup> явилась действующей по всем изученным показателям. На основании полученных экспериментальных данных концентрация 25300 мг/м<sup>3</sup> принята в качестве порога однократного ингаляционного действия ( $Limac$ ) смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$  по резорбтивному эффекту.

В хроническом эксперименте подопытные животные подвергались ингаляционному непрерывному 90-суточному воздействию смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$  в концентрациях: 1250, 255,7 и 50 мг/м<sup>3</sup>. Обнаружено, что длительное воздействие смеси в концентрации 1250 мг/м<sup>3</sup> вызывало у подопытных крыс нарушение функционального состояния ЦНС, о чем судили по динамике поведенческих тестов. При изучении ориентировочно-исследовательской реакции животных выявлено угнетение активности «норкового» рефлекса на 62,7% от контрольного уровня через 7 суток,  $p < 0,05$ , на 23,8%, – через 14 суток опыта, и устойчивое увеличение данного показателя, начиная с 30 суток эксперимента (на 71,4% – 60,5%), по сравнению с контрольной группой крыс,  $p < 0,01$ . Аналогичной динамикой характеризовался «вертикальный» компонент

двигательной активности подопытных крыс – снижение на 55,2% – 29,6% в течение 14 суток опыта, сменяющееся увеличением на 32,9% от контроля к 90 суткам эксперимента.

У этих же подопытных животных регистрировали снижение частоты дыхания на протяжении всего эксперимента (через 30 суток – на 28,6 % ниже контрольного уровня, на 90 сутки – на 12,8 %), при этом достоверные изменения данного показателя ( $p < 0,05$ ) наблюдали лишь в течение первых 30 суток воздействия смеси. При изучении функционального состояния миокарда отмечено достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение частоты сердечных сокращений через 14, 30 и 90 суток эксперимента.

В результате исследования биохимических процессов в сыворотке крови подопытных животных на 45 сутки эксперимента обнаружено угнетение лактатдегидрогеназы на 43,4% ( $p < 0,05$ ), с одновременным снижением содержания молочной кислоты (на 37,1% по сравнению с контролем), что может быть связано с изменениями углеводного обмена. К концу хронического эксперимента регистрировали снижение активности щелочной фосфатазы крови (на 28,7% по сравнению с контролем,  $p < 0,05$ ).

Изменения показателей кислотно-основного равновесия крови подопытных животных достоверно не отличались от контрольных, однако, заслуживает внимания тенденция к снижению содержания в крови оснований внеклеточной жидкости ( $BE_{ecf}$ ) на 33,3 % – на 45 сутки, на 32,4 % – на 90 суток опыта при одновременной тенденции к повышению парциального давления кислорода (на 26,8 % по сравнению с контролем). Учитывая, что рН крови подопытных животных не изменялось, отмеченные сдвиги (дефицит буферных оснований) могут свидетельствовать о начинающемся компенсированном ацидозе.

С целью изучения маркеров повреждающего действия смеси предельных углеводородов в сыворотке крови подопытных животных определяли концентрацию следующих цитокинов: IL-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-2, IL-4, IL-6, IL-10, GM-CSF, IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$ . В результате у подопытных крыс отмечена тенденция к повышению концентрации IL-6 и IFN- $\gamma$ , что может быть связано с системным аутоиммунным ответом. При этом нельзя исключить наличие связи между воздействием смеси  $C_1-C_5$  и изменением цитокинового профиля у подопытных животных.

Проявлений генотоксического действия (оценка с использованием метода ДНК-комет) смеси углеводородов  $C_1-C_5$  на клетки костного мозга крыс не выявлено. Количество хромосомных aberrаций, по которым оценивали мутагенный эффект, в клетках костного мозга

животных после воздействия смеси  $C_1-C_5$  в концентрации  $1250,0 \text{ мг/м}^3$  статистически не превышало аналогичный показатель в контроле.

В результате морфологических исследований у отдельных крыс наблюдали вакуолизацию цитоплазмы гепатоцитов и эпителия проксимального отдела канальцев почек.

В плазме крови подопытных животных обнаружены метаболиты компонентов смеси (бутанол-1, трет-бутанол и бутанон) [16].

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о проявлении токсического резорбтивного эффекта при хроническом непрерывном ингаляционном воздействии смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$  в концентрации  $1250 \text{ мг/м}^3$ .

У подопытных животных, подвергавшихся непрерывному 90-суточному ингаляционному воздействию смеси предельных углеводородов в концентрации  $255,7 \text{ мг/м}^3$ , регистрировали менее выраженные изменения функционального состояния ЦНС и отдельных биохимических показателей. Длительное воздействие смеси углеводородов  $C_1-C_5$  в концентрации  $50,2 \text{ мг/м}^3$ , не вызывало достоверных изменений ни по одному из изученных показателей. На основании полученных экспериментальных данных концентрация смеси  $C_1-C_5$   $255,7 \text{ мг/м}^3$  принята в качестве пороговой,  $50,2 \text{ мг/м}^3$  – недействующей в хроническом ингаляционном эксперименте.

Таким образом, в результате комплекса проведенных исследований получены следующие параметры токсикометрии смеси:  $CL_{50} = 785700 \text{ мг/м}^3$ ,  $Limac = 25300 \text{ мг/м}^3$ ;  $Limch = 255,7 \text{ мг/м}^3$ ;  $Zac = CL_{50} / Limac = 185700 / 5250 = 31,0$ ;  $Zch = Limac / Limch = 25300 / 255,7 = 98,9$ ;  $Zbiol = CL_{50} / Limch = 785700 / 255,7 = 3072,7$ .

С учетом полученных параметров определен интегральный показатель опасности смеси «В», равный 0,44. В соответствии с классификацией опасности химических загрязнителей атмосферного воздуха и величиной интегрального показателя опасности смесь предельных угле-

водородов  $C_1-C_5$  отнесена к 3 классу опасности.

Расчетная недействующая концентрация смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$  (с учетом коэффициента запаса:  $K_{зап} = 9 \times 0,44 + 1 = 4,96$ ) составила  $51,5 \text{ мг/м}^3$ . В хроническом эксперименте установлена фактическая недействующая концентрация смеси  $50,2 \text{ мг/м}^3$ .

На основании анализа литературных сведений и результатов проведенных экспериментальных исследований, определен безопасный уровень смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$  по резорбтивному эффекту при длительном круглосуточном воздействии на организм (среднесуточная предельно допустимая концентрация, ПДКс.с) –  $50,0 \text{ мг/м}^3$ .

При изучении рефлекторного действия смеси  $C_1-C_5$  определена пороговая концентрация по обонятельному ощущению волонтеров, которая соответствует 16% обнаружения запаха –  $ЕС_{16}$ , на уровне  $3100 \text{ мг/м}^3$ . Согласно существующим методическим принципам регламентирования [13] для веществ, загрязняющих атмосферный воздух и обладающих выраженным запахом или раздражающим действием, устанавливается допустимая концентрация по рефлекторному эффекту. На основании зависимости вероятности обнаружения ольфактивной реакции от величины концентрации смеси с использованием коэффициента запаса, рассчитанного с учетом показателей реальной и потенциальной опасности, получена величина ПДКм.р.  $620 \text{ мг/м}^3 \sim 600 \text{ мг/м}^3$ . Однако, учитывая установленные максимальные разовые ПДК для отдельных компонентов смеси  $C_1-C_5$  (для бутана –  $200 \text{ мг/м}^3$ ), рекомендована в качестве максимальной разовой ПДК смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$  величина  $200 \text{ мг/м}^3$ .

**Заключение.** По итогам проведенных экспериментальных исследований обоснованы и утверждены на государственном уровне гигиенические нормативы смеси предельных углеводородов  $C_1-C_5$  в атмосферном воздухе населенных мест (табл. 2).

Таблица 2

### Гигиенические нормативы смеси предельных углеводородов $C_1-C_5$ в атмосферном воздухе населенных мест

Гигиенические нормативы	Величина ГН, $\text{мг/м}^3$	Дата утверждения
среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДКс.с)	50,0	Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 146 от 30.08.16, зарегистрирован в Минюсте 13.09.16 № 43648.
максимальная разовая предельно допустимая концентрация (ПДКм.р.)	200,0	

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линченко С.Н. Влияние неблагоприятных экологических факторов на здоровье человека и проблемы его коррекции. Успехи современного естествознания. 2010; 4: 76 – 77.
2. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. М.: МНЭПУ, 2001.
3. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды. М.: РУДН, 2004.
4. Румянцев А.П. Алканы. В кн.: Филлов В.А., ред. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов. СПб: Химия; 1990: 29 – 40.
5. Pohanish R.P. Sittig's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens. 6nd ed. Oxford, USA; 2012.
6. McKee R. H., Herron D., Saperstein M., et al. Toxicological Properties of Petroleum Gases. International Journal of Toxicology. 2014; 33 (Suppl. 1): 28 – 51.
7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. Утверждено Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 05.03.2004 г. – М. – 2004. – 116 с.
8. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы. – М., 2003 г. – 84 с.
9. Онищенко Г.Г. О нормировании углеводородов в атмосферном воздухе. Инф. письмо. – № 01/9793-9-32 от 13.07.2009 г.
10. А.А. Каспаров, И.В. Саноцкий, ред. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1986.
11. Саноцкий И.В., Уланова И.П. Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений. – М., 1975.
12. Голиков С.Н., Саноцкий И.В., Тиунов Л.А. Общие механизмы токсического действия. Л.: Медицина, 1986.
13. Методические указания по обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (№ 4681 – 88). – М., 1989. – 110 с.
14. Методические рекомендации по ускоренному обоснованию предельно допустимых уровней загрязнения кожного покрова вредными веществами (№10-92). – М., 1992. – 20 с.
15. Методические рекомендации по использованию поведенческих реакций животных в токсикологических исследованиях для целей гигиенического нормирования: МР 2166-80. – М.: Киев, 1980. – 46 с.
16. Уколов А.И., Мигаловская Е.Д., Радиллов А.С. Хроматомакс-спектрометрическое исследование плазмы крови крыс, подвергавшихся воздействию алифатических углеводородов с числом атомов углерода от 1 до 5. Биомедицинский журнал Medline.ru. 2015; Т. 16: 329 – 334.

## REFERENCES:

1. Linchenko S.N. The influence of unfavorable environmental factors on human health and problems of its correction. Advances in modern natural science. 2010; 4: 76-77 (in Russian).
2. Revich B.A. Pollution of the environment and public health. Moscow: MNEPU, 2001(in Russian).
3. Davydova S.L. Tagasov V.I. Oil as a fuel resource and environmental pollutant. Moscow: RUDN, 2004(in Russian).
4. Rumyantsev A.P. Alkane. In: Filov VA, ed. Harmful chemicals. Hydrocarbons. Halogen derivatives of hydrocarbons. St. Petersburg Khimiya; 1990: 29-40(in Russian).
5. Pohanish R.P. Sittig's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens. 6nd ed. Oxford, USA; 2012.
6. McKee R. H., Herron D., Saperstein M., et al. Toxicological Properties of Petroleum Gases. International Journal of Toxicology. 2014; 33 (Suppl. 1): 28-51.
7. Guidelines for assessing health risks to public when exposed to pollutants: P 2.1.10.1920-Approved by the State Chief Sanitary Physician of the Russian Federation G.G. Onischenko; 05.03.2004 – M. – 2004. – 116 p. (in Russian).
8. GN 2.1.6.1338-The maximum permissible concentrations (MACs) of pollutants in the atmospheric air of residential areas. Hygien standards. – M., 2003 – 84 p. (in Russian).
9. Onishchenko G.G. About regulation of hydrocarbons in the atmospheric air . Inf. letter. – No. 01 / 9793-9-32 of 13.07.2009(in Russian).
10. Kasparov. A.A. , Sanotsky I.V. , ed. Toxicometry of chemicals polluting the environment – Moscow: Center for International Projects of the State Committee for Science and Technology, 19(in Russian).
11. Sanotsky I.V., Ulanova I.P. Criteria for harmfulness in hygiene and toxicology when assessing the hazard of chemical compounds. – M., 19(in Russian).
12. Golikov S.N., Sanotsky I. V., Tiyunov L.A. General mechanisms of toxic effects. L. : Medicine, 19(in Russian).
13. Methodological guidelines for justifying maximum allowable concentrations (MAC) of pollutants in the atmospheric air of residential areas (No. 4681 – 88). – M., 1989. – 110 p. (in Russian).
14. Methodical recommendations for the use of accelerated substantiation of maximum permissible levels of skin contamination by harmful substances (№ 10-92). – M., 1992. – 20 p. (in Russian).
15. Methodical recommendations for the use of animal behavioral reactions in toxicological studies for the purposes of hygienic regulation: MR 2166-80. – Moscow: Kiev, 1980. – 46 p. (in Russian).
16. Ukolov A.I., Migalovskaya E.D., Radilov A.S. Chromatography-mass spectrometric study of blood plasma of rats exposed to aliphatic hydrocarbons with the number of carbon atoms from 1 to 5. Biomedical Journal Medline.ru. 2015; V. 16: 329-3(in Russian).

A.S. Radilov<sup>1</sup>, I.E. Shkaeva<sup>1</sup>, Kh.Kh.Khamidulina<sup>2,3</sup>, S.A. Solntseva<sup>1</sup>, O.S. Nikulina<sup>1</sup>, A.I.Nikolaev<sup>1</sup>, V.B Popov<sup>1</sup>, G.A. Protasova<sup>1</sup>

## TOXICITY ASSESSMENT AND EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF HYGIENE REGULATORY STANDARDS FOR THE MIXTURE OF C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> SATURATED HYDROCARBONS IN THE ATMOSPHERIC AIR OF RESIDENTIAL AREAS

<sup>1</sup>Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology, Federal Medical Biological Agency, 188663, settlement Kuzmolovsky Vsevolozhsky district, Leningrad Region, Russian Federation

<sup>2</sup>Russian Register for Potentially Hazardous Chemical and Biological Substances, Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, 117105 Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 125993, Moscow, Russian Federation

Experimental studies of toxicity and hazard assessment of a mixture of C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> saturated hydrocarbons as pollutants of atmospheric air were performed. It was shown that the mixture exhibits a low toxicity at a single exposure and does not irritate skin and eye mucous membranes. The Limac of the C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> mixture was set at 25300 and 3100 mg/m<sup>3</sup> by the resorptive and reflex effects respectively. After 90-day chronic continuous exposure to the mixture, symptoms of chronic intoxication, specifically functional disorders in the nervous, cardiovascular, and respiratory systems and in biochemical processes, were revealed. The threshold concentration of the mixture was estimated at 255.7 mg/m<sup>3</sup>. The experimental results were used to substantiate hygiene regulatory standards (MAC average day dose, and MAC maximum one-time dose) and hazard class for the mixture of C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> saturated hydrocarbons in the atmospheric air of residential areas.

**Keywords:** saturated hydrocarbons, mixture, toxicity, hazard, hygiene regulatory standards, odorimetry, maximum allowable concentration (MAC)

Материал поступил в редакцию 27.06.2017 г.