

Кучерской С.А.<sup>1,2</sup>, Аликбаева Л.А.<sup>2</sup>, Карманов Е.Ю.<sup>1</sup>, Ермакова И.Б.<sup>1</sup>, Оськина Д.Г.<sup>1</sup>, Радилов А.С.<sup>1</sup>

## Экспериментальное обоснование ориентировочно безопасного уровня диэтилдисульфида в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населённых мест

<sup>1</sup>ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, г.п. Кузьмолловский, Ленинградская область, Российская Федерация;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Кафедра общей и военной гигиены, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Введение.** Диэтилдисульфид относится к группе диалкилдисульфидов, входит в состав дисульфидного масла и смеси диалкилдисульфидов. В результате промышленной очистки углеводородного сырья от меркаптанов ежегодно накапливаются десятки тысяч тонн диалкилдисульфидов и их смесей, токсичность и опасность которых в полной мере не изучена. Гигиенические нормативы для диэтилдисульфида не разработаны.

**Материал и методы.** Исследования воздействия диэтилдисульфида проводили на нелинейных животных (крысах и мышах). Токсические свойства диэтилдисульфида изучали в условиях однократного и повторного воздействия при внутрижелудочном, внутрибрюшинном, ингаляционном и накожном путях поступления в организм.

**Результаты.** На основании проведенных исследований были установлены токсикометрические параметры диэтилдисульфида. Среднесмертельная доза при внутрижелудочном введении  $LD_{50} = 1575 \pm 118$  мг/кг, среднесмертельная концентрация  $CL_{50} = 18700 \pm 554$  мг/м<sup>3</sup>, коэффициент возможного ингаляционного отравления  $KВЮ_{ac} = 1,3$ , порог однократного ингаляционного действия ( $Lim_{ac}$ ) – 120 мг/м<sup>3</sup>, зона острого действия  $Z_{ac} = 156$ , коэффициент кумуляции – 3,2. Диэтилдисульфид не обладает кожно-резорбтивным действием, но оказывает умеренно выраженное раздражающее действие на слизистую оболочку глаз.

**Ограничения исследования.** Результаты оценки воздействия диэтилдисульфида приведены для двух видов животных и четырех основных путях поступления.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о том, что диэтилдисульфид относится к веществам, представляющим умеренную опасность при однократном внутрижелудочном, ингаляционном и накожном путях поступления в организм, обладает умеренной способностью к кумуляции. На основании анализа литературных данных, результатов экспериментальных исследований и математического прогнозирования в качестве ориентировочно безопасного уровня воздействия в воздухе рабочей зоны рекомендовано значение 4,0 мг/м<sup>3</sup>, в атмосферном воздухе городских и сельских поселений – 0,04 мг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** диэтилдисульфид; дисульфидное масло; порог острого действия;  $Lim_{ac}$ ; среднесмертельная доза;  $LD_{50}$ ; среднесмертельная концентрация;  $CL_{50}$

**Соблюдение этических стандартов.** Заседание Локального этического комитета ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России (выписка из протокола № 8 от 11.11.2020 г.).

**Для цитирования:** Кучерской С.А., Аликбаева Л.А., Карманов Е.Ю., Ермакова И.Б., Оськина Д.Г., Радилов А.С. Экспериментальное обоснование ориентировочно безопасного уровня диэтилдисульфида в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населённых мест. *Токсикологический вестник*. 2022; 30(3): 177-181. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-3-177-181>

**Для корреспонденции:** Кучерской Семен Александрович, мл. науч. сотр. лаборатории ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, г.п. Кузьмолловский, Ленинградская область, Российская Федерация; аспирант кафедры общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: kucherskoi@gpech.ru; seamen20@list.ru

**Участие авторов:** Кучерской С.А. – написание текста, проведение токсикологических исследований; Аликбаева Л.А. – методическое руководство, редактирование; Радилов А.С. – планирование, постановка задач, редактирование; Карманов Е.Ю. – моделирование и контроль содержания диэтилдисульфида в затравочных камерах; Ермакова И.Б., Оськина Д.Г. – проведение биохимического анализа крови подопытных животных.

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

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила в редакцию: 20 апреля 2022 / Принята в печать: 25 мая 2022 / Опубликовано: 30 июня 2022

Kucherskoy S.A.<sup>1,2</sup>, Alikbaeva L.A.<sup>2</sup>, Karmanov E.Yu.<sup>1</sup>, Ermakova I.B.<sup>1</sup>, Oskina D.G.<sup>1</sup>, Radilov A.S.<sup>1</sup>

# Experimental substantiation of the tentatively safe level of diethyl disulfide in the air of the working area and the atmospheric air of populated areas

<sup>1</sup>FSUE "Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology", FMBA of Russia, g.p. Kuzmolovskii, 188663, Leningrad region, Russian Federation;

<sup>2</sup>Department of General and Military Hygiene North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

**Introduction.** Diethyl disulfide belongs to the group of dialkyl disulfides, is a part of disulfide oil and a mixture of dialkyl disulfides. As a result of industrial purification of hydrocarbon raw materials from mercaptans, tens of thousands of tons of dialkyldisulfides and their mixtures are accumulated annually, the toxicity and danger of which have not been fully studied. No hygiene standards have been developed for diethyl disulfide.

**Material and methods.** Studies of the effects of diethyl disulfide were carried out in non-linear animals (rats and mice). The toxic properties of diethyl disulfide were studied under the conditions of single and repeated exposure to the intragastric, intraperitoneal, inhalation and cutaneous routes of entry into the body.

**Results.** Based on the studies carried out, the toxicometric parameters of diethyl disulfide were established. Average lethal dose with intragastric administration  $LD_{50} = 1575$  mg/kg, average lethal concentration  $CL_{50} = 18700$  mg/m<sup>3</sup>, coefficient of possible inhalation poisoning CPIP = 1.3, limit of acute inhalation action ( $Lim_{ac}$ ) is set at 120 mg/m<sup>3</sup>, acute zone  $Z_{ac} = 156$ , cumulation coefficient was 3.2. Diethyl disulfide does not have a skin-resorptive toxic effect, but it has a moderately pronounced irritating effect on the mucous membrane of the eyes.

**Limitations.** The results of the diethyl disulfide exposure assessment are given for two animal species and four main routes of entry.

**Conclusion.** The data obtained indicate that diethyl disulfide is a moderately hazardous substance with a single intragastric, inhalation and cutaneous route of entry into the body. The cumulative properties of diethyl disulfide are moderately expressed. Based on the analysis of literature data, the results of experimental studies and mathematical forecasting, a value of 4.0 mg/m<sup>3</sup> is recommended as an approximate safe level of exposure in the air of the working area, in the atmospheric air of urban and rural settlements – 0.04 mg/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** *Diethyl disulfide; Disulfide Oil; Acute Threshold;  $Lim_{ac}$ ; Medium Lethal Dose;  $LD_{50}$ ; Medium Lethal Concentration;  $CL_{50}$*

**Compliance with ethical standards.** Meeting of the Local Ethics Committee of the North-Western State Medical University. I.I. Mechnikov of the Ministry of Health of Russia (extract from protocol No. 8 dated November 11, 2020).

**For citation:** Kucherskoy S.A., Alikbaeva L.A., Karmanov E.Yu., Ermakova I.B., Oskina D.G., Radilov A.S. Single inhalation thresholds for some dialkyl disulfides. *Toksikologicheskiy vestnik (Toxicological Review)*. 2022; 30(3): 177-181. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-3-177-181> (In Russian)

**For correspondence:** Semyon A. Kucherskoy, junior researcher laboratories of FSUE "Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology", FMBA of Russia, g.p. Kuzmolovskii, 188663, Leningrad region, Russian Federation; postgraduate student of the Department of General and Military Hygiene of the I.I. Mechnikov NWSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, 191015, Russian Federation. E-mail: kucherskoi@gpech.ru; seamen20@list.ru

## Information about the authors:

Kucherskoy S.A., <https://orcid.org/0000-0002-7698-9535>

Radilov A.S., <https://orcid.org/0000-0002-6223-8589>

Ermakova I.B., <https://orcid.org/0000-0002-8644-6489>

**Author contribution:** *Kucherskoy S.A.* – writing an article, conducting toxicological studies; *Alikbaeva L.A.* – methodological guidance, editorial of the article; *Radilov A.S.* – planning, setting tasks, editing of the article; *Karmanov E.Yu.* – modeling and control of diethyl disulfide content in seed chambers; *Ermakova I.B., Oskina D.G.* – conducting a clinical analysis of the blood of experimental animals.

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

**Funding.** The study had no sponsorship.

Received: April 20, 2022 / Accepted: May 25, 2022 / Published: June 30, 2022

## Введение

Диэтилдисульфид (ДЭДС) относится к группе диалкилдисульфидов, входит в состав дисульфидного масла и смеси диалкилдисульфидов. В результате очистки углеводородного сырья от меркаптанов ежегодно образуются десятки тысяч тонн ДЭДС и их смесей [1]. Диалкилдисульфиды применяются в промышленности в качестве сульфидирующих агентов, что обуславливает возможность загрязнения воздуха рабочей зоны в процессе технологического разложения при ингибировании коксообразования с использованием высоких температур, где диметилдисульфид разлагается в печи с образованием  $H_2S$  и других токсичных продуктов терморазложения (метилмеркаптан, диметилсульфид). Нарушение герметичности оборудования и коммуникаций, аварии и неисправности усугубляют опасность загрязнения воздуха производственных помещений и кожных покровов, как работающих, так и населения, проживающего в районе промышленных объектов. Также диалкилдисульфиды применяются в сельском хозяйстве в качестве инсектицидов и в пищевой промышленности в качестве ароматизаторов [2–7]. Несмотря на широкое применение диалкилдисульфидов в промышленности, гигиенические нормативы на ДЭДС, метилэтилдисульфид и дисульфидное масло не установлены. В целях гигиенического регламентирования и оценки опасности данных соединений нами было проведено исследование токсичности ДЭДС.

## Материал и методы

Для исследования был получен ДЭДС, содержащий не менее 99 массовой доли основного вещества и примеси диметилдисульфида – не менее 1 массовой доли. Физико-химические свойства ДЭДС [8]: химическая формула –  $C_2H_5SSC_2H_5$ ; № CAS – 110-81-6; внешний вид – маслянистая жидкость; молекулярная масса (г/моль) – 122,25; плотность (г/см<sup>3</sup>) – 0,993; температура кипения (°C) – 154,1; показатель преломления – 1,5060; содержание серы (% мас.) – 52,46; трудно растворим в воде, смешивается с этанолом и диэтиловым эфиром.

Токсические свойства ДЭДС изучали в условиях однократного и повторного воздействия на нелинейных животных (крысах и мышах). Острую токсичность ДЭДС определяли при внутрижелудочном, внутрибрюшинном, ингаляционном и накожном путях поступления в организм. Внутрижелудочное введение ДЭДС (в дозировках 75–2000 мг/кг) осуществляли с помощью атравматичного зонда. Исследование кожно-резорб-

тивного и местного действия ДЭДС на кожу проводили на мышах-самцах при 2-часовой экспозиции путём однократного погружения 2/3 хвостов в пробирки с исследуемым веществом. Моделирование ингаляционного воздействия проводили в камерах объёмом 600 дм<sup>3</sup>. При определении порогов острого ингаляционного действия животных экспонировали парами ДЭДС в концентрациях 50–600 мг/м<sup>3</sup>. Обследование подопытных животных проводили через 4, 24 и 72 ч после ингаляционного воздействия. Оценивали интегральные, физиологические, гематологические и биохимические показатели. Контроль за содержанием паров вещества в воздушной среде затравочных камер проводили газохроматографическим методом с пламенно-фотометрическим детектированием.

## Результаты и обсуждение

Среднесмертельная доза ( $DL_{50}$ ) диэтилдисульфида при внутрижелудочном введении для крыс составила  $1575 \pm 118$  мг/кг, для мышей –  $1584 \pm 345$  мг/кг. Внутрижелудочное введение ДЭДС вызывало гибель животных на 1–7-е сутки после введения вещества. Клиническая картина острой интоксикации ДЭДС характеризовалась гипо- и адинамией подопытных животных, снижением частоты дыхания, цианозом мордочек и лапок. При макроскопической оценке внутренних органов погибших животных выявлены кровоизлияния в лёгких, пенные выделения из трахеи.

При внутрибрюшинном введении ДЭДС среднесмертельная доза для крыс составила  $1100 \pm 86$  мг/кг, подопытные животные в течение 1 ч были заторможены, не реагировали на внешние раздражители. Гибель после введения ДЭДС наступала в первые сутки наблюдения от отёка лёгких.

Среднесмертельная концентрация ( $CL_{50}$ ) при однократном 4-часовом ингаляционном воздействии для крыс составила  $18700 \pm 554$  мг/м<sup>3</sup>, для мышей –  $18125 \pm 665$  мг/м<sup>3</sup>. Клиническая картина острого ингаляционного отравления парами ДЭДС характеризовалась гипо- и адинамией подопытных животных, проявлениями гипоксии (умеренно выраженный цианоз мордочек и лапок), расстройством дыхания. Периоды гиподинамии сменялись увеличением двигательной активности животных. Гибель животных при воздействии ДЭДС наступала преимущественно на 3–5-е сутки наблюдения. Макроскопическая картина внутренних органов не отличалась от таковой при внутрижелудочном введении. Коэффициент возможного ингаляционного отравления ( $KВИО_{ac}$ ) составил 1,3.

Клинических признаков интоксикации мышцей после 2-часового погружения 2/3 длинны хвостов в пробирки с веществом не наблюдалось, отмечалась незначительная гиперемия кожи, исчезающая через 1 сут. После однократного нанесения одной капли ДЭДС на слизистую оболочку глаза крысы регистрировали проявления раздражающего действия в виде гиперемии, которая сохранялась в течении 1–2 сут.

Для определения порога однократного ингаляционного действия ДЭДС испытывали следующие концентрации:  $50 \pm 3,6$  мг/м<sup>3</sup> (1-я группа крыс);  $120 \pm 11,3$  мг/м<sup>3</sup> (2-я группа крыс);  $600 \pm 43,5$  мг/м<sup>3</sup> (3-я группа крыс); 4-я группа крыс – контрольная.

Однократное ингаляционное воздействие ДЭДС в концентрации 600 мг/м<sup>3</sup> вызывало достоверное повышение «горизонтального компонента» двигательной активности животных (на 27–33,55% по отношению к контролю) на протяжении всего срока наблюдения, отмечено угнетение ориентировочной исследовательской реакции у подопытных животных этой же группы, о чем свидетельствовало снижение вертикального компонента двигательной активности и норкового рефлекса на 35–38%. Аналогичная направленность изменений параметров поведенческих реакций, но менее выраженная, отмечена у подопытных крыс 2-й группы, подвергавшихся воздействию ДЭДС в концентрации 120 мг/м<sup>3</sup>. Подопытные крысы 1-й группы, подвергавшиеся воздействию диэтилдисульфида в концентрации 50 мг/м<sup>3</sup>, достоверно не отличались от контрольных по параметрам поведенческих реакций.

При оценке сердечно-сосудистой системы подопытных крыс статистически значимых изменений частоты сердечных сокращений не выявлено.

Изучение функционального состояния дыхательной системы подопытных крыс выявило достоверное снижение частоты дыхания у животных 3-й группы через 4 и 24 ч после экспозиции на 27 и 13% соответственно.

В составе периферической крови подопытных крыс после воздействия ДЭДС в концентрации 600 мг/м<sup>3</sup> (3-я группа крыс) отмечено снижение количества лейкоцитов через 4 ч на 50%, через 24 ч на 79%, через 72 ч на 33% по сравнению с контролем. У подопытных животных, подвергавшихся воздействию ДЭДС в концентрации 50 мг/м<sup>3</sup> (2-я группа крыс), достоверное снижение количества лейкоцитов наблюдали через 4 ч на 43% и через 24 ч на 48% по сравнению с контролем. При этом через 72 ч во 2-й группе количество лейкоцитов статистически не отли-

чалось от контрольной группы. На вторые сутки после воздействия количество нейтрофилов в группе подопытных крыс после воздействия ДЭДС в концентрации 600 мг/м<sup>3</sup> увеличивалось в 3 раза. Также у подопытных животных 3-й группы была отмечена эритропения на уровне 8% и снижение гематокрита на 20% через 72 ч после воздействия ДЭДС.

Показатели кислотно-основного состояния крови животных во всех опытных группах статистически не отличались от значений в контрольной группе.

При изучении биохимических показателей крыс, после воздействия ДЭДС в концентрации 600 мг/м<sup>3</sup>, у них отмечено снижение уровня мочевины на 22% и повышение активности холинэстеразы на 23%.

Коэффициенты массы внутренних органов подопытных крыс достоверно отличались от контрольной группы. Увеличен лёгочный коэффициент на 12% во 2-й и на 16% в 3-й группе, снижен массовый коэффициент печени во 2-й группе на 12%, в 3-й – на 10%.

На основании проведенных исследований установлена величина порога однократного ингаляционного действия ( $Lim_{ac}$ ) на уровне 120 мг/м<sup>3</sup> по изменению поведенческих реакций, гематологических и биохимических показателей. Таким образом, для ДЭДС зона острого действия  $Z_{ac} = 18\ 700/120 = 156$ .

С целью изучения кумулятивных свойств ДЭДС проведен подострый эксперимент с внутрижелудочным введением вещества крысам ежедневно в течение 30 сут 5 раз в неделю в дозе 1/5  $DL_{50}$  (300 мг/кг). При динамическом наблюдении за состоянием подопытных крыс, получавших ДЭДС, гибель наступала после суммарной дозы 4800 мг/кг (3  $DL_{50}$ ) на 16-е сутки эксперимента. Картина интоксикации характеризовалась снижением подвижности животных, снижением массы тела и частоты дыхательных движений. Коэффициент кумуляции для ДЭДС составил  $K_{кум} = 3$ , что свидетельствует об умеренной способности ДЭДС к кумуляции.

Обоснование величины гигиенического норматива ДЭДС в воздухе рабочей зоны проведено [9] по установленным параметрам токсикометрии. Значение ОБУВ<sub>рз</sub> для ДЭДС составило 4 мг/м<sup>3</sup>.

При прогнозировании [10] величины ОБУВ<sub>атм</sub> для ДЭДС в атмосферном воздухе городских и сельских поселений принимали во внимание значения гигиенических нормативов, близких по химической структуре веществ (диметилдисульфид), использовали экспериментально обоснованное значение ОБУВ<sub>рз</sub>. В качестве ориентировочного

безопасного уровня воздействия ДЭДС в атмосферном воздухе городских и сельских поселений рекомендована величина 0,04 мг/м<sup>3</sup>.

## Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что ДЭДС относится к веществам, представляющим умеренную

опасность при однократном внутрижелудочном, ингаляционном и накожном путях поступления в организм [11], обладает умеренной способностью к кумуляции. В качестве ориентировочного безопасного уровня воздействия ДЭДС в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе городских и сельских поселений рекомендуются 0,4 и 0,04 мг/м<sup>3</sup> соответственно.

## ЛИТЕРАТУРА

(п.п. 5–7 см. References)

1. Рахимов Т.Х., Абдулминев К.Г., Набиева А.Р. Варианты извлечения сернистых соединений из углеводородного сырья. *Башкирский химический журнал*. 2020; 27(2): 70-3. <https://doi.org/10.17122/bcj-2020-2-70-73>
2. Мешакова Н.М., Бенеманский В.В. Оценка биологического действия диметилдисульфида с учетом специфических отдаленных эффектов. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2005; 40(2): 209-12.
3. Юркевич Е.С., Присмотров Ю.А. Научное обоснование ориентировочно безопасного уровня воздействия диметилдисульфида в воздухе рабочей зоны. *Здоровье и окружающая среда*. 2009; 13: 515-21.
4. Обзор рынка дисульфидного масла в России: анализ. обзор, август 2012 г. Исследовательская группа «Инфомайн». М.: Инфомайн; 2012.
8. Дюсенгалиев К.И., Сагинаев А.Т., Кулбатыров Д.К. и др. Физико-химические характеристики субститутов дисульфидного масла углеводородного сырья. *Нефтяное дело*. 2016; 5: 125-39.
9. *Методические указания по установлению ориентировочных безопасных уровней воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны*, утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 4 ноября 1985 г. № 4000-85. М.: 1985.
10. *Методические указания по установлению ориентировочных безопасных уровней воздействия (обув) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест*, утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 25 ноября 1982 г. № 2630-82. М.: 1982.
11. ГОСТ 12.1.007.-76. Вредные вещества: классификация и общие требования безопасности. М.: 1976.

## REFERENCES

1. Rahimov T.H., Abdulminev K.G., Nabieva A.R. Options for the extraction of sulfur compounds from hydrocarbons. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*. 2020; 27(2): 70-3. <https://doi.org/10.17122/bcj-2020-2-70-73> (in Russian)
2. Meshchakova N.M., Benemanskij V.V. Evaluation of the biological action of dimethyl disulfide, taking into account specific long-term effects. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii medicinskih nauk*. 2005; 40(2): 209-12. (in Russian)
3. Jurkevich E.S., Prismotrov Ju.A. Scientific substantiation of the approximately safe level of exposure to dimethyl disulfide in the air of the working area. *Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda*. 2009; 13: 515-21. (in Russian)
4. Overview of the disulfide oil market in Russia: analyt. review, August 2012 [Obzor ry'nka disul'fidnogo masla v Rossii: analiticheskiy obzor, avgust 2012 g.]. Issledovatel'skaja gruppa «infomajn». Moscow: Infomajn; 2012. (in Russian)
5. Morgott D., Lewis C., Bootman J., Banton M. Disulfide Oil Hazard Assessment Using Categorical Analysis and a Mode of Action Determination. *International Journal of Toxicology*. 2014; 33(6): 1815-985. <https://doi.org/10.1177/1091581813504227>
6. Munday R. Harmful and beneficial effects of organic monosulfides, disulfides, and polysulfides in animals and humans. *Chem Res Toxicol*. 2012; 25(1): 47-60.
7. Valavanidis A., Vlahogianni T., Dassenakis M., Scoullou M. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2006; 64(2): 178-89.
8. Djusengaliev K.I., Saginaev A.T., Kulbatyrov L.K., et al. Physico-chemical characteristics of hydrocarbon raw material disulfide oil substitutes. *Neftjanoe delo*. 2016; 5: 125-39. (in Russian)
9. *Guidelines for the establishment of approximate safe levels of exposure to harmful substances in the air of the working area, approved. Deputy Chief State Sanitary Doctor of the USSR November 4, 1985 No. 4000-85* [Metodicheskie ukazaniya po ustanovleniyu orientirovochnyh bezopasnyh urovnej vozdejstviya vrednyh veshchestv v vozduhe rabochej zony, utv. zamestitelem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha SSSR 4 noyabrya 1985 g. № 4000-85]. Moscow: 1985. (in Russian)
10. *Guidelines for the establishment of approximate safe levels of exposure (shoes) to pollutants in the atmospheric air of populated areas, approved. Deputy Chief State Sanitary Doctor of the USSR November 25, 1982 No. 2630-82* [Metodicheskie ukazaniya po ustanovleniyu orientirovochnyh bezopasnyh urovnej vozdejstviya (obuv) zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfornom vozduhe naselennyh mest, utv. zamestitelem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha SSSR 25 noyabrya 1982 g. № 2630-82]. Moscow: 1982. (in Russian)
11. GOST 12.1.007.-76. Harmful substances: classification and general safety requirements [GOST 12.1.007.-76. Vrednye veshchestva: klassifikaciya i obshchie trebovaniya bezopasnosti]. Moscow: 1976. (in Russian)

## ОБ АВТОРАХ:

**Семен Александрович Кучерской (Kucherskoj Semen Alexandrovich)** – мл. научн. сотрудник лаборатории ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, г.п. Кузьмоловский, Ленинградская область, Российская Федерация; аспирант кафедры общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: kucherskoj@gpetch.ru

**Радилов Андрей Станиславович (Radilov Andrej Stanislavovich)** – и.о. директора ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, г.п. Кузьмоловский, Ленинградская область, Российская Федерация. E-mail: niigpetch@rihophe.ru

**Аликбаева Лилия Анатольевна (Alikbaeva Liliya Anatolievna)** – заведующая кафедрой общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: E-mail: alikbaeva@mail.ru

**Карманов Евгений Юрьевич (Karmanov Evgenii Yrievich)**, научный сотрудник лаборатории общей токсикологии и гигиенического регламентирования ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, г.п. Кузьмоловский, Ленинградская область, Российская Федерация. E-mail: Karmanov@gpetch.ru

**Ермакова Ирина Борисовна (Ermakova Irina Borisovna)** – научн. сотрудник ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, г.п. Кузьмоловский, Ленинградская область, Российская Федерация. E-mail: irinaermakova.2014@yandex.ru

**Оськина Диана Гаевна (Oskina Diana Gaevna)** – мл. научн. сотрудник лаборатории ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, г.п. Кузьмоловский, Ленинградская область, Российская Федерация. E-mail: diana-gaevka@yandex.ru