

© КИЧА Е.И. КИЧА М.А., 2023

Кича Е.И.<sup>1</sup>, Кича М.А.<sup>2,3</sup>

# Сравнительный анализ использования различных критериев оценки индивидуального риска на объектах Военно-Морского Флота

<sup>1</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Ассоциация разработчиков и производителей систем мониторинга», 352240, Новокубанск, Российская Федерация;

<sup>2</sup>Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), 198207, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>3</sup>Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации, 197045, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Введение.** Цель исследования — разработка новых критериев оценки риска и анализ их преимуществ, сравнение результатов, полученных при различных подходах к применению существующей методики расчета индивидуальных рисков (на примере одного из исследованных гипотетических объектов).

**Результаты.** Новые (дополнительные) критерии оценки индивидуального риска с группированием вредных веществ, предназначенные для применения при расчете индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к легкому поражению (снижению работоспособности).

**Заключение.** Использование новых подходов к расчету риска должно предоставлять возможность более точно оценить уровень экспозиции для человека, спрогнозировать вероятность наступления неблагоприятных эффектов разной тяжести и соответственно предложить механизмы снижения уровней воздействия и проведения мероприятий по минимизации негативного воздействия.

**Ограничения исследования.** Полученные результаты могут быть использованы только при разработке методик оценки химической безопасности конкретных объектов и выполнении работ по стандартизации.

**Ключевые слова:** химическая безопасность; химически опасные объекты; оценка химической безопасности; индивидуальный риск; токсодоза; гермообъекты; стандартизация

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Кича Е.И., Кича М.А. Сравнительный анализ использования различных критериев оценки индивидуального риска на объектах Военно-Морского Флота. *Токсикологический вестник*. 2023; 31(4): 226–231. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2023-31-4-226-231>

**Для корреспонденции:** Кича Екатерина Игоревна, генеральный директор ООО «АСМ», 352240, Новокубанск, Россия. E-mail: [asm@evellyn.info](mailto:asm@evellyn.info)

**Участие авторов:** Все соавторы внесли равнозначный вклад в исследование и подготовку статьи к публикации.

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

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

Поступила в редакцию: 17 марта 2023 / Принята к печати: 29 июля 2023 / Опубликовано: 30 августа 2023

Kicha E.I.<sup>1</sup>, Kicha M.A.<sup>2,3</sup>

# Comparative analysis of the use of various criteria for assessing individual risk at the Navy facilities

<sup>1</sup>Association of Developers and manufacturers of monitoring systems Limited Liability Company, 352240, Novokubansk, Russian Federation;

<sup>2</sup>International Academy of Ecology and life protection sciences (IAELPS), 198207, Saint-Petersburg, Russian Federation;

<sup>3</sup>The Military Educational and Scientific Centre of the Navy “The Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 197045, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Introduction.** The objectives of the study are to develop new risk assessment criteria and analyze their advantages, compare the results obtained with different approaches to the application of the existing methodology for calculating individual risks (using the example of one of the studied hypothetical objects).

**Results.** New (additional) criteria for assessing individual risk with grouping of harmful substances, justified for use in calculating the individual risk of receiving a toxodose leading to mild injury (decreased performance).

**Limitations.** The results obtained can be used in the development of methods for assessing the chemical safety of specific facilities and performing standardization work.

**Conclusion.** The use of new approaches to risk calculation should provide an opportunity to more accurately assess the level of exposure for a person, predict the likelihood of adverse effects of varying severity and, accordingly, propose mechanisms to reduce exposure levels and take measures to minimize the negative impact.

**Keywords:** *chemical safety; chemically hazardous objects; chemical safety assessment; individual risk; hermetic objects; standardization*

**Compliance with ethical standards.** The study does not require the submission of the conclusion of the Biomedical ethics committee or other documents.

**For citation:** Kicha E.I., Kicha M.A. Features of calculation of individual risks in the assessment of chemical safety. *Toksikologicheskii vestnik (Toxicological Review)*. 2023; 31(4): 226-231. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2023-31-4-226-231> (in Russian)

**For correspondence:** Ekaterina I. Kicha, CEO ASM LLC, 352240, Novokubansk, Krasnodar region, Russian Federation. E-mail: [asm@evellyn.info](mailto:asm@evellyn.info)

**Information about authors:** Kicha M.A., <https://orcid.org/0000-0002-3618-6076>

**Author contribution:** All co-authors made an equal contribution to the research and preparation of the article for publication.

**Conflict of interests.** Authors declare no conflict of interest.

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

Received: March 17, 2023 / Accepted: July 29, 2023 / Published: August 30, 2023

## Введение

Российская Федерация обеспечивает химическую и биологическую безопасность. Одним из приоритетных направлений государственной политики в области химической и экологической безопасности для президента Российской Федерации В.В. Путина является ресурсное обеспечение национальной системы обеспечения химической и биологической безопасности, в том числе и методическое обеспечение этих проблем [1].

Вывод на рынок новой химической продукции также требует предварительной оценки ее опасности для здоровья человека и среды его обитания, включая специфические и отдаленные эффекты [2].

В Военно-Морском Флоте (ВМФ) основы и методология оценки химической безопасности в 1995 г. заложены Г.А. Родиным [3]. Анализ результатов оценки химической безопасности различных объектов ВМФ свидетельствует о том, что отдельные положения нормативно-технической документации (НТД) требуют детального раскрытия (конкретизации) [4–8].

Для авторов статьи основной причиной использования дополнительных критериев для расчёта индивидуального риска стала необходимость:

- регулярной актуализации показателей химической безопасности, применяемых для оценки риска здоровью личного состава;
- безусловного обеспечения безопасности личного состава при выполнении боевых задач в условиях мирного и военного времени;

- обоснования приоритетных направлений развития методологии обеспечения химической безопасности объектов Военно-Морского Флота, приемлемых для заказчика и организаций промышленности.

*Цель исследования* – сравнительный анализ использования различных критериев оценки индивидуального риска на объектах Военно-Морского Флота.

Задачами исследования являются:

- разработка новых критериев оценки индивидуальных рисков при нахождении объектов Военно-Морского Флота в аварийных условиях и анализ их преимуществ;
- сравнение результатов, полученных при различных подходах к применению существующей методики расчета индивидуальных рисков (на примере одного из исследованных гипотетических объектов).

## Теоретическая часть

В связи с отсутствием для большинства вредных веществ, утвержденных максимально допустимых концентраций (МДК), концентраций угрожающих здоровью (КУЗ) и средних смертельных концентраций (КСМ), при выборе нормативных величин предлагается использовать следующие допущения:

1) МДК вредных веществ:

- по действующим НТД для соответствующего времени герметизации (времени пребывания человека в помещении оцениваемого объекта в аварийной ситуации без использования средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)). МДК вредных веществ, для которых отсутствуют утвержденные нормативные значения – пятикратные предельно допустимые концентрации (ПДК) по ОТТ 6.1.19–90, а при отсутствии таковых – пятикратные ПДКм.р. по СанПин 1.2.3685–21 для воздуха рабочей зоны (для двуокси углерода МДК принимается равным 9 000 мг/м<sup>3</sup>) (далее – расчёт по МДК);
- ПДК для соответствующего времени герметизации (времени пребывания человека в помещении оцениваемого объекта в аварийной ситуации без использования СИЗОД) по ОТТ 6.1.19–90, а при отсутствии таковых – ПДКм.р. по СанПин 1.2.3685–21 для воздуха рабочей зоны (для двуокси углерода МДК принимается равным 9 000 мг/м<sup>3</sup>) (далее – расчёт по ПДК);

2) КУЗ и КСМ – по ГОСТ 12.1.007–76 в зависимости от класса опасности вредного вещества, определяемого по СанПин 1.2.3685–21. КСМ принимается для веществ класса опас-

ности: 2-й – 500 мг/м<sup>3</sup>; 3-й – 5 000 мг/м<sup>3</sup>; 4-й – 50 000 мг/м<sup>3</sup>. КУЗ (как частное от деления КСМ на максимально допустимое для класса опасности значение зоны острого действия) принимается для веществ класса опасности: 1-й – по согласованию с заказчиком; 2-й – 30 мг/м<sup>3</sup>; 3-й – 90 мг/м<sup>3</sup>; 4-й – 300 мг/м<sup>3</sup> (для двуокси углерода КУЗ и КСМ принимаются равными 54 000 мг/м<sup>3</sup> и 90 000 мг/м<sup>3</sup> соответственно).

Расчёт концентрации вредного вещества в помещении оцениваемого объекта предлагается производить по показателям химической безопасности изделий и материалов с учётом свободного объёма помещения оцениваемого объекта. Номенклатура показателей и методы их определения являются объектом отдельного исследования и стандартизации.

Расчёт токсоеффектов от воздействия *i*-го вредного вещества осуществляется в упрощённом порядке по формулам:

$$T_{\text{МДК}i} = C_i / C_{\text{МДК}i}, \quad (1)$$

$$T_{\text{КУЗ}i} = C_i / C_{\text{КУЗ}i}, \quad (2)$$

$$T_{\text{КСМ}i} = C_i / C_{\text{КСМ}i}, \quad (3)$$

где  $C_i$  – концентрация вредного вещества в аварийном помещении оцениваемого объекта в мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{МДК}i}$  – максимально допустимая концентрация *i*-го вредного вещества в воздушной среде, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{КУЗ}i}$  – концентрация, угрожающая здоровью *i*-го вредного вещества в воздушной среде, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{КСМ}i}$  – средняя смертельная концентрация *i*-го вредного вещества в воздушной среде, мг/м<sup>3</sup>.

Расчёт вероятностей получения экспозиционных доз от воздействия *i*-го вредного вещества, превышающих нормативные значения (МДК, КУЗ, КСМ), проводится без уточнения существующей методики по формулам (далее – расчёт без группирования вредных веществ):

$$P_{\text{бМДК}i} = 0,5[1 + \text{erf}(1,02 \ln T_{\text{МДК}i})], \quad (4)$$

$$P_{\text{бКУЗ}i} = 0,5[1 + \text{erf}(1,02 \ln T_{\text{КУЗ}i})], \quad (5)$$

$$P_{\text{бКСМ}i} = 0,5[1 + \text{erf}(1,02 \ln T_{\text{КСМ}i})]. \quad (6)$$

В случае, если в типовой аварийной ситуации (например, при пожаре) выделяется одновременно несколько вредных веществ, то расчёт вероятностей получения экспозиционных доз проводится с уточнением существующей методики по формулам (далее – расчёт с группированием вредных веществ):

$$P_{\text{бМДК}j} = 0,5[1 + \text{erf}(1,02 \ln T_{\text{МДК}j})], \quad (7)$$

$$P_{\text{бКУЗ}j} = 0,5[1 + \text{erf}(1,02 \ln T_{\text{КУЗ}j})], \quad (8)$$

$$P_{\text{бКСМ}j} = 0,5[1 + \text{erf}(1,02 \ln T_{\text{КСМ}j})]. \quad (9)$$

Расчёт индивидуальных рисков получения токсодоз от группы веществ проводится по формулам с учетом нижеперечисленных дополнений:

$$R_{Wj} = P_{\Pi} P_a (P_{\text{бмдк}j} - P_{\text{бкз}j}), \quad (10)$$

$$R_{zj} = P_{\Pi} P_a (P_{\text{бкз}j} - P_{\text{бксм}j}), \quad (11)$$

$$R_{Lj} = P_{\Pi} P_a P_{\text{бксм}j}, \quad (12)$$

где  $P_a$  – вероятность перехода источника вредного вещества (группы вредных веществ) в аварийное состояние (определяется разработчиком оцениваемого объекта расчётным путём);  $P_{\Pi}$  – доля времени за год, в течение которого отдельный человек может находиться в помещении оцениваемого объекта.

Вероятность перехода источника вредного вещества (группы вредных веществ) в аварийное состояние, при отсутствии его нормативного значения, определяется по формуле:

$$P_a = 1 - \sqrt[n]{P_{\text{ВБР}}}, \quad (13)$$

где  $n$  – количество типовых аварийных ситуаций с выделением вредного вещества (группы вредных веществ);  $P_{\text{ВБР}}$  – вероятность безаварийной работы оборудования помещения оцениваемого объекта (интенсивность возникновения таких ситуаций **промается** в зависимости от специфики оборудования, как правило, на уровне от 5 до 10 % от интенсивности отказов оборудования помещения оцениваемого объекта, но не более 0,05).

Доля времени за год, в течение которого отдельный человек может находиться в помещении оцениваемого объекта, определяется по формуле:

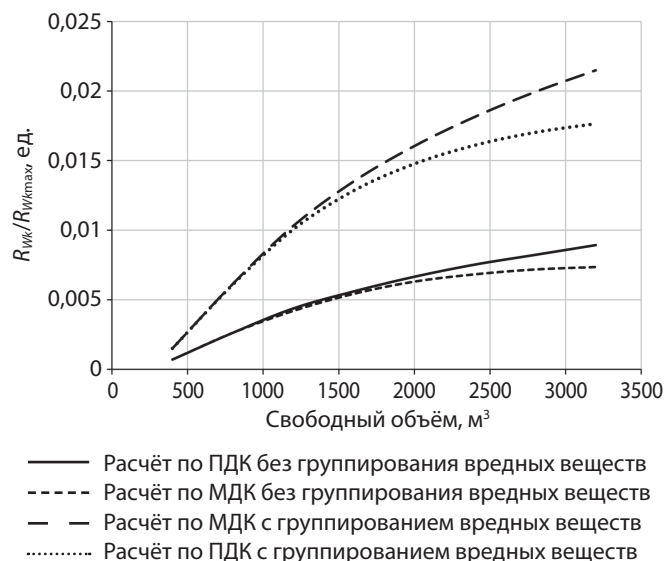
$$P_{\Pi} = \frac{t_{\text{об}}}{365} \cdot \frac{t_c}{24}, \quad (14)$$

где  $t_{\text{об}}$  – общее количество дней пребывания отдельного человека в помещении оцениваемого объекта в течении года, сут;  $t_c$  – общая средняя длительность пребывания отдельного человека в помещении оцениваемого объекта в течении суток, ч.

Расчёт индивидуальных рисков получения токсодоз ( $R_{Wk}$ ,  $R_{Zk}$ ,  $R_{Lk}$ ) от всех вредных веществ (групп вредных веществ) при пребывании  $k$ -го человека в оцениваемом объекте, проводится по формуле:

$$R_k = \sum_{m=1}^M [b_m (1 - \prod_{j=1}^N (1 - R_j))], \quad (15)$$

где  $R_i$  – индивидуальные риски получения токсодоз ( $R_{Wj}$ ,  $R_{Zj}$ ,  $R_{Lj}$ );  $N$  – число вредных веществ (групп вредных веществ), поступающих в воздушную среду помещения оцениваемого объекта;  $b_m$  – доля времени пребывания  $k$ -го человека в помещении оцениваемого объекта;  $M$  – количество помещений в оцениваемом объекте.



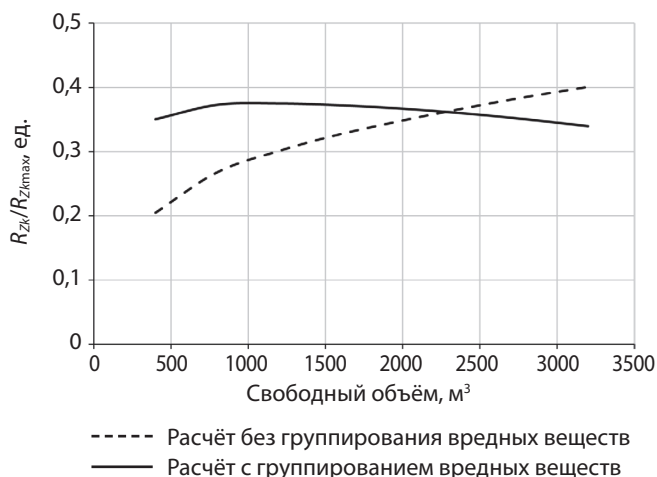
**Рис. 1.** Зависимость индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к легкому поражению (снижению работоспособности) от свободного объема помещения оцениваемого объекта (частное от деления на предельно допустимое максимальное значение).

**Fig. 1.** Dependence of the individual risk of receiving a toxodose leading to a slight lesion (decrease in performance) on the free volume of the room of the assessed object (quotient of division by the maximum allowable value).

## Результаты и обсуждение

Результаты, полученные при применении различных критериев расчёта индивидуальных рисков (на примере одного из исследованных гипотетических объектов) приведены на рис. 1–3. При этом свободный объём помещения объекта оценки задан в виде диапазона возможных значений при сохранении номенклатуры и количества изделий и материалов, размещаемых внутри него.

Сравнение различных критериев оценки индивидуального риска на объектах Военно-Морского Флота создаёт предпосылки к преимуществу применения расчёта с группированием вредных веществ, особенно при расчёте индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к лёгкому поражению (снижению работоспособности), так как в большинстве случаев величина риска получается больше. При этом использование новых подходов к расчёту риска должно предоставлять возможность более точной оценки уровня экспозиции для человека, спрогнозировать вероятность наступления неблагоприятных эффектов разной тяжести и, соответственно, предложить механизмы снижения уровней воздействия и проведения мероприятий по минимизации негативного воздействия.



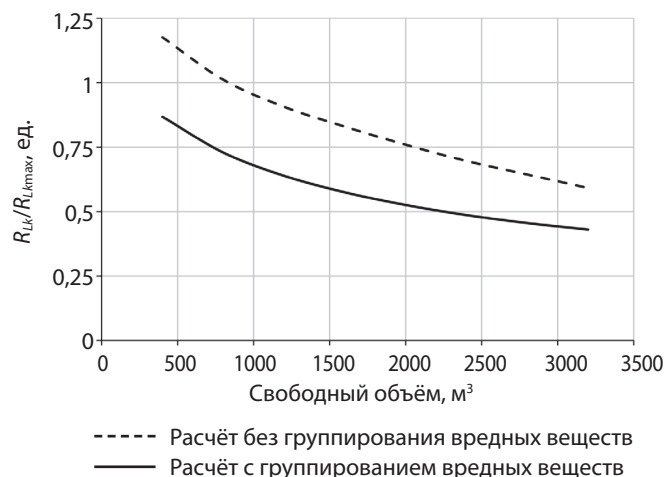
**Рис. 2.** Зависимость индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к поражению средней тяжести (заболеванию) от свободного объема помещения оцениваемого объекта (частное от деления на предельно допустимое максимальное значение).

**Fig. 2.** Dependence of the individual risk of receiving a toxodose leading to a moderate severity lesion (disease) on the free volume of the room of the assessed object (quotient of division by the maximum allowable value).

Сравнение результатов также предполагает допустимость расчёта индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к лёгкому поражению (снижению работоспособности) по ПДК, так как отличие величин риска незначительны.

Полученные результаты можно использовать при разработке методик оценки химической безопасности конкретных объектов, а также выполнении работ по стандартизации показателей химической безопасности и методов их определения, что, по мнению авторов, обеспечит выполнение приоритетных задач обеспечения химической и биологической безопасности в Российской Федерации, а также эффективное внедрение и совершенствование технических средств обеспечения химической безопасности, соответствующих современному научно-техническому уровню [9–11].

При выполнении данных работ, особое внимание необходимо уделить нормированию номенклатуры и количеству применяемых в изделии неметаллических материалов, а также созданию и аттестации соответствующего испытательного оборудования.



**Рис. 3.** Зависимость индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к тяжелому поражению (летальному исходу) от свободного объема помещения оцениваемого объекта (частное от деления на предельно допустимое максимальное значение).

**Fig. 3.** Dependence of the individual risk of receiving a toxodose leading to severe injury (death) on the free volume of the room of the assessed object (quotient of division by the maximum allowable value).

## Заключение

На основе анализа опыта оценки химической безопасности герметичных обитаемых объектов предложены новые (дополнительные) критерии оценки индивидуального риска с группированием вредных веществ, предназначенных для применения при расчёте индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к лёгкому поражению (снижению работоспособности).

Сравнение различных критериев оценки индивидуального риска на объектах Военно-Морского Флота (на примере одного из исследованных гипотетических объектов) создаёт предпосылки к преимуществу применения расчёта с группированием вредных веществ, особенно при расчете индивидуального риска получения токсодозы, приводящей к лёгкому поражению (снижению работоспособности) с расчётом по ПДК или по МДК.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке методик оценки химической безопасности конкретных объектов, а также выполнении работ по стандартизации показателей химической безопасности и методов их определения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 11.03.2019 № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу». Собрание законодательства Российской Федерации, 11. 18.03.2019, ст. 1106.
2. Хамидулина Х.Х., Тарасова Е.В., Ластовецкий М.Л. Применение программного обеспечения ОЭСР QSAR Toolbox для прогнозирования мутагенного действия химических веществ. *Токсикологический вестник*. 2022; 30(6): 403–13. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-6-403-413> <https://elibrary.ru/lyvxpj>
3. Родин Г.А., Петухов К.А. Расчет значений нормативных концентраций вредных химических веществ для различных экспозиций. *Вестник МАНЭБ*. 2020; 2: 70–82. <https://elibrary.ru/vfgxcs>
4. Родин Г.А. Система показателей и критериев эффективности химической безопасности. *Вестник МАНЭБ*. 2019; 1: 31–8. <https://elibrary.ru/xgsngn>
5. Родин Г.А., Морозов А.В. Определение аварийных параметров источников химической опасности. *Вестник МАНЭБ*. 2018; 1: 20–4. <https://elibrary.ru/xwdtxj>
6. Родин Г.А., Родин В.Г. Риск превышения нормируемых значений вредных факторов как показатель экологической безопасности кораблей и судов. *Вестник МАНЭБ*. 2018; 1: 30–2. <https://elibrary.ru/xwdtyt>
7. Кича М.А., Кича Е.И. Направление и этапы развития требований к обеспечению химической безопасности герметичных обитаемых объектов. *Вестник МАНЭБ*. 2022; 4: 50–4. <https://elibrary.ru/kyuykah>
8. Спиридонова Е.А., Хрылова Е.Д., Самонин В.В. и др. Очистка увлажненных газовых сред от бензола активными углями, модифицированными фуллеренами. *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2019; 2: 209–14. <https://doi.org/10.1134/S0044185619020281> <https://elibrary.ru/vvvjwa>
9. Спиридонова Е.А., Самонин В.В., Подвязников М.Л., Морозова В.Ю. Получение и исследование модифицированного фуллеренами химического поглотителя аммиака на основе активного угля. *Журнал прикладной химии*. 2020; 93. 5: 683–90. <https://doi.org/10.31857/S0044461820050096> <https://elibrary.ru/moawfs>
10. Кича М.А., Валуйский В.А., Михайленко В.С. Разработка тактико-технических требований к перспективным средствам нормализации воздушной среды после пожара. *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2023; 2(404): 79–90.

## REFERENCES

1. Ukaz Prezidenta RF ot 11.03.2019 No 97 «Ob Osnovah gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti obespecheniya himicheskoj i biologicheskoj bezopasnosti na period do 2025 goda i dal'nejshuyu perspektivu». Sbornik zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii, 11. 18.03.2019, st. 1106. (in Russian)
2. Khamidulina K.K., Tarasova E.V., Lastovetskiy M.L. Application of OECD QSAR toolbox software for predicting the mutagenic effects of chemicals. *Toxicological Review*. 2022; 30(6): 403–13. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-6-403-413> <https://elibrary.ru/lyvxpj> (in Russian)
3. Rodin G.A., Petuhov K.A. The calculation of normative values of concentrations of harmful chemical substances for various exhibitions. *Vestnik IAELPS*. 2020; 2: 70–82. <https://elibrary.ru/vfgxcs> (in Russian)
4. Rodin G.A. The system of indicators and criteria of efficiency of chemical safety. *Vestnik IAELPS*. 2019; 1: 31–8. <https://elibrary.ru/xgsngn> (in Russian)
5. Rodin G.A., Morozov A.V. The determination of emergency parameters of the sources of chemical hazard. *Vestnik IAELPS*. 2018; 1: 20–4. <https://elibrary.ru/xwdtxj> (in Russian)
6. Rodin G.A., Rodin V.G. The risk of exceeding the normalized values of harmful factors as an indicator of the environmental safety of ships. *Vestnik IAELPS*. 2018; 1: 30–2. <https://elibrary.ru/xwdtyt> (in Russian)
7. Kicha M.A., Kicha E.I. Direction and stages of development of requirements for ensuring chemical safety of hermetic inhabited objects. *Vestnik IAELPS*. 2022; 4: 44–9. <https://elibrary.ru/kyuykah> (in Russian)
8. Spiridonova E.A., Khrylova E.D., Samonin V.V., Podvyaznikov M.L., Yakovleva A.V., et al. Cleaning of humidified gas media from benzene using active carbons modified by fullerenes. *Fizikikhimiya poverkhnosti i zashchita materialov*. 2019; 2: 335–40. <https://doi.org/10.1134/S2070205119020278> <https://elibrary.ru/vvvjwa> (in Russian)
9. Spiridonova E.A., Samonin V.V., Podvyaznikov M.L., Morozova V.Yu. Production and Research of Fullerene-Modified Chemical Adsorbent of Ammonia Based on Activated Carbon. *Zhurnal prikladnoj khimii*. 2020; 5: 691–7. <https://doi.org/10.1134/S1070427220050092> <https://elibrary.ru/moawfs> (in Russian)
10. Kicha M.A., Valujskij V.S., Mihajlenko V.S. Development of tactical and technical requirements for promising means of normalization of the air environment after a fire. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tzentra*. 2023; 2(404): 79–90. (in Russian)

## ОБ АВТОРАХ:

**Кича Екатерина Игоревна (Kicha Ekaterina Igorevna)**, генеральный директор ООО «Ассоциация разработчиков и производителей систем мониторинга», 352240, Новокубанск, Российская Федерация. E-mail: [asm@evellyn.info](mailto:asm@evellyn.info)

**Кича Максим Александрович (Kicha Maxim Alexandrovich)**, член-корреспондент Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), 198207, Санкт-Петербург, Российская Федерация; младший научный сотрудник НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации, 197101, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: [rulmaks@bk.ru](mailto:rulmaks@bk.ru)

