

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Биомедицинские исследования.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.4.2. Аналитическая химия; 1.4.3. Органическая химия;
1.4.4. Физическая химия; 1.4.10. Коллоидная химия; 1.4.16. Медицинская химия
Дополнительная научная специальность ВАК: 3.4.1. Промышленная фармация и технология получения лекарств
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/26-86-4-10
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-10
УДК 61:615.384. Поступила в редакцию 16 марта 2026 г.

Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 7. Изучение субхронической токсичности перфторуглеродной кровезамещающей эмульсии – препарата «Фторэмульсия III»

**© Воробьев*+ Сергей Иванович, Пирожков Сергей Викторович,
Болевич Сергей Бранкович, Орлова Александра Сергеевна,
Сергеева Светлана Павловна, Величко Элина Валерьевна,
Вуколова Марина Николаевна**

*Кафедра патофизиологии. Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова. Трубецкая улица, 8, стр. 2. г. Москва, 119991. Россия.
Тел.: +7 (495) 609-14-00. E-mail: vorobyev@mail.ru*

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: перфторуглеродные эмульсии, субхроническая токсичность, токсичность.

Аннотация

Изучался отечественный перфторуглеродный кровезаменитель с газотранспортной функцией, применяемый в биомедицинской практике – препарат «Фторэмульсия III» (прежнее название «Перфторан-плюс») на субхроническую токсичность на белых нелинейных крысах обоего пола. Использовали две экспериментальные группы животных, первая из которых получала в/в 5 мл/кг препарата «Фторэмульсия III», а вторая – 50 мл/кг препарата один раз в день в течение 30 дней. Оценивали влияние субхронического введения Фторэмульсии III на выживаемость животных, массу тела, ректальную температуру, суммационно-подпороговый показатель, сердечно-сосудистую деятельность, биохимические и гематологические показатели периферической крови; проводили патоморфологические и гистологические исследования различных органов и тканей.

По данным, полученным в исследованиях, установлено, что препарат «Фторэмульсия III» в условиях субхронического введения практически не оказывает токсического действия на организм крыс обоего пола. Введение лекарственной формы препарата «Фторэмульсия III» экспериментальным животным в дозах, превышающих рекомендованные для человека в десять раз, не оказывало токсического эффекта на основные системы органов (нервную, сердечно-сосудистую, кроветворную, выделительную, пищеварительную, дыхательную и репродуктивную), обмен веществ, общее состояние и развитие, а также на основные гомеостатические параметры организма.

На основании проведённых исследований по изучению токсичности препарата «Фторэмульсия III» можно заключить, что состояние переживших субхроническую интоксикацию животных свидетельствует о переносимости и относительной безопасности препарата даже при введении его в количестве, превышающем терапевтическую дозу для человека в десять раз.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Воробьев С.И., Пирожков С.В., Болевич С.Б., Орлова А.С., Сергеева С.П., Величко Э.В., Вуколова М.Н. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 7. Изучение субхронической токсичности перфторуглеродной кровезамещающей эмульсии – препарата «Фторэмульсия III». *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.86. №4. С.10-21. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-10

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Воробьев С.И., Пирожков С.В., Болевич С.Б., Орлова А.С., Сергеева С.П., Величко Э.В., Вуколова М.Н. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 7. Изучение субхронической токсичности перфторуглеродной кровезамещающей эмульсии – препарата «Фторэмульсия III». *Бутлеровские сообщения А*. 2026. Т.13. №2. Id.2. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-10/ROI-jbc-R/26-13-2-2 (Russian)

The output for citing the English online version of the article:

Sergey I. Vorobyev, Sergey V. Pirozhkov, Sergey B. Bolevich, Alexandra S. Orlova, Svetlana P. Sergeeva, Ellina V. Velichko, Marina N. Vukolova. Perfluorocarbon emulsions: Composition and application. Part 7. Study of the subchronic toxicity of a perfluorocarbon blood substitute emulsion «Ftoemulsion III». *Butlerov Communications A*. 2026. Vol.13. No.2. Id.2. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-10/ROI-jbc-A/26-13-2-2

Литература

- [1] Воробьев С.И., Болевич С.Б., Морозова Е.В. и др. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 1. Применение эмульсии перфторорганических соединений в эксперименте при ишемически-реперфузионном повреждении изолированного сердца крысы. *Бутлеровские сообщения С.* **2023**. Vol.5. No.1. Id.10. DOI: 10.37952/ROI-jbc-RC/23-5-1-10 [Sergey I. Vorobyev, Sergey B. Bolevich, Elena V. Morozova, Alexandra S. Orlova, Stefania S. Bolevich, Kokhsa Kh. Yavlieva, Maria V. Kartasheva, Bella I. Morgan, Michael V. Saulin, Vladimir Yakovlevich. Perfluorocarbon emulsions: composition and application. Part 1. Application of an emulsion of perfluoroorganic compounds in an experiment with ischemic reperfusion injury of an isolated rat heart. *Butlerov Communications C.* **2023**. Vol.5. No.1. Id.10. DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/23-5-1-10]
- [2] Воробьев С.И., Болевич С.Б., Королёва К.С. и др. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 2. Некоторые вопросы биомедицинской безопасности применения препаратов на основе эмульсий перфторуглеродов. *Бутлеровские сообщения С.* **2023**. Vol.5. No.2. Id.8. DOI: 10.37952/ROI-jbc-RC/23-5-2-8 [Sergey I. Vorobyev, Sergey B. Bolevich, Kira S. Koroleva, Alexander B. Saltykov, Marina A. Fokina, Tatiana G. Sinelnikova, Sultan I. Shabaev, Gusen K. Yahyaev, Zaira M. Tochueva, Anush I. Agabekyan. Perfluorocarbon emulsions: composition and application. Part 2. Some issues of biomedical safety of the use of drugs based on perfluorocarbon emulsions. *Butlerov Communications C.* **2023**. Vol.5. No.2. Id.8. DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/23-5-2-8]
- [3] Воробьев С.И., Болевич С.Б., Салтыков А.Б. и др. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 3. Влияние физико-химических факторов на биологические свойства термодинамически неустойчивых дисперсных систем – перфторуглеродных эмульсий. *Бутлеровские сообщения.* **2023**. Т.75. №7. С.85-98. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/23-75-7-85 [Sergey I. Vorobyev, Sergey B. Bolevich, Alexander B. Saltykov, Stefania S. Bolevich, Kira S. Koroleva, Marina A. Fokina, Tatiana G. Sinelnikova, Kokhsa Kh. Yavlieva, Bella I. Morgan, Maria K. Kartasheva. Perfluorocarbon emulsions: composition and application. Part 3. Influence of physicochemical factors on the biological properties of thermodynamically unstable disperse systems – perfluorocarbon emulsions. *Butlerov Communications C.* **2023**. Vol.6. No.3. Id.1. DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/23-6-3-1]
- [4] Воробьев С.И., Болевич С.Б., Пирожков С.В., Орлова А.С., Королёва К.С. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 4. Физико-химический и биомедицинский анализ перфторуглеродной кровезамещающей эмульсии – «Перфторан-плюс». *Бутлеровские сообщения А.* **2026**. Т.12. №1. Id.8. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-2/ROI-jbc-RA/26-12-1-8 [Sergey I. Vorobyev, Sergey B. Bolevich, Sergey V. Pirozhkov, Alexandra S. Orlova, Kira S. Koroleva. Perfluorocarbon emulsions: composition and application. Part 4. Physico-chemical and biomedical analysis of perfluorocarbon blood-substituting emulsion – “Perftoran-plus”. *Butlerov Communications A.* **2026**. Vol.12. No.1. Id.8. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-2/ROI-jbc-A/26-12-1-8]
- [5] Воробьев С.И., Болевич С.Б., Пирожков С.В., Орлова А.С., Королёва К.С. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 5. Низкоконцентрированные многокомпонентные перфторуглеродные эмульсии – «ФТОРАНы», их физико-химические и биологические свойства. *Бутлеровские сообщения А.* **2026**. Т.12. №1. Id.9. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-33/ROI-jbc-RA/26-12-1-9 [Sergey I. Vorobyev, Sergey B. Bolevich, Sergey V. Pirozhkov, Alexandra S. Orlova, Kira S. Koroleva. Perfluorocarbon emulsions: composition and application. Part 5. Low-concentrated multi-component perfluorocarbon emulsions – “FTORANs” and their physicochemical and biological properties. *Butlerov Communications A.* **2026**. Vol.12. No.1. Id.9. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-33/ROI-jbc-A/26-12-1-9]
- [6] Воробьев С.И., Пирожков С.В., Болевич С.Б., Орлова А.С., Сергеева С.П. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 6. Перфторуглеродный кровезамещающий препарат «Фторэмульсия III» – изучение острой токсичности. *Бутлеровские сообщения А.* **2026**. Т.13. №3. Id.1. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-1/ROI-jbc-RA/26-13-2-1 [Sergey I. Vorobyev, Sergey V. Pirozhkov, Sergey B. Bolevich, Alexandra S. Orlova, Svetlana P. Sergeeva. Perfluorocarbon emulsions: Composition and application. Part 6. Perfluorocarbon blood substitute “Ftoemulsion III” – acute toxicity study. *Butlerov Communications A.* **2026**. Vol.13. No.2. Id.1. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-1/ROI-jbc-A/26-13-2-1]
- [7] J. Jägers, A. Wrobeln, K.B. Ferenz. Perfluorocarbon-based oxygen carriers: from physics to physiology. *Eur. J. Physiol.* **2021**. 473. P.139-150. DOI: 10.1007/s00424-020-02482-2
- [8] D. Sakas, K. Whittaker, R. Crowell, N. Zervas. Perfluorocarbons: recent developments and implications for neurosurgery. *J. Neurosurg.* **1996**. 85(2). P.248-254. DOI: 10.3171/jns.1996.85.2.0248
- [9] Воробьев С.И., Иваницкий Г.Р. и др. Газотранспортные препараты на основе перфторуглеродных эмульсий. *Вестник интенсивной терапии.* **1996**. №2-3. С.15-21. [S.I. Vorobyov, G.R. Ivanitsky, et al. Gas transport drugs based on perfluorocarbon emulsions. *Bulletin of Intensive Therapy.* **1996**. No.2-3. P.15-21. (Russian)]
- [10] Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических

- Полная исследовательская публикация** _____ Воробьев С.И., Пирожков С.В., Болевич С.Б., Орлова А.С., Сергеева С.П., Величко Э.В., Вуколова М.Н.
- веществ. Под ред. Хабриева Р.У. Москва: ОАО «Издательство «Медицина». 2005. 832с. [Guide to experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. Ed. by R.U. Khabriev. Moscow: OJSC "Izdatelstvo "Medicine". 2005. 832p. (Russian)]
- [11] Правила доклинической оценки безопасности фармакологических средств (РД 64-126-91). Москва: МЗ России. ФК. 1992. 45с. [Rules for preclinical safety assessment of pharmacological agents (RD 64-126-91). Moscow: Ministry of Health of Russia. PK. 1992. 45p. (Russian)]
- [12] Требования к доклиническому изучению общетоксического действия новых фармакологических веществ (временные методические рекомендации). Москва: МЗ СССР. ФК. 1985. 19с. [Requirements for preclinical studies of the general toxic effects of new pharmacological substances (temporary methodological recommendations). Moscow: USSR Ministry of Health. Federal Code. 1985. 19p. (Russian)]
- [13] Правила лабораторной практики. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 23 августа 2010 г. №708н г. Москва. [Laboratory Practice Guidelines. Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated August 23, 2010. No.708n. Moscow. (Russian)]
- [14] F. Hong, K.A. Shastri, G.L. Logue, M.B. Spaulding. Complement activation by artificial blood substitute Fluosol: *In vitro* and *in vivo* studies. *Transfusion*. 1991. 31(7). P.642-647.
- [15] M.G. Scott, D.F. Kucik, L.T. Goodnough, T.G. Monk. Blood substitutes: Evolution and future applications. *Clin. Chem*. 1997. 43(9). P.1724-1731.
- [16] P.E. Keipert. Perfluorochemical emulsions: future alternatives to transfusion. *Blood Subst. Princ. Meth. Prod. Clin. Trials*. 1998. 2. P.127-156.
- [17] J.G. Riess. Overview of progress in the fluorocarbon approach to *in vivo* oxygen delivery. *Biomater. Artif. Cells Immobil. Biotechnol*. 1992. 20. P.183-202.
- [18] P.E. Keipert, N.S. Faithfull, D.J. Roth, J.D. Bradley, S. Batra, P. Jochelson, K.E. Flaim. Supporting tissue oxygenation during acute surgical bleeding using a perfluorochemical-based oxygen carrier. *Adv. Exp. Med. Biol*. 1996. 388. P.603-609. DOI: 10.1007/978-1-4613-0333-6_77
- [19] L. Cao, C.-S. Li, Y. Chang, Z.-X. Liang, L.-A. Chen. The effects of perfluorocarbon on ICAM-1 expression in LPS-induced A549 cells and the potential mechanism. *Mol. Med. Rep*. 2016. 13(4). P.3700-3708. DOI: 10.3892/mmr.2016.4952
- [20] M. Nieuwoudt, G.H.C. Engelbrecht, L. Sentle, R. Auer, D. Kahn, S.W. van der Merwe. Non-toxicity of IV injected perfluorocarbon oxygen carrier in an animal model of liver regeneration following surgical injury. *Artif. Cells Blood Substit. Immobil. Biotechnol*. 2009. 37(3). P.117-124. DOI: 10.1080/10731190902916380.
- [21] Sergey I. Vorobyev, Sergey V. Pirozhkov, Sergey B. Bolevich, Alexandra S. Orlova, Svetlana P. Sergeeva, Ellina V. Velichko, Marina N. Vukolova. Perfluorocarbon emulsions: Composition and application. Part 7. Study of the subchronic toxicity of a perfluorocarbon blood substitute emulsion «Ftoemulsion III». *Butlerov Communications A*. 2026. Vol.13. No.2. Id.2. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-10/ROI-jbc-A/26-13-2-2
- [22] Воробьев С.И., Пирожков С.В., Болевич С.Б., Орлова А.С., Сергеева С.П., Величко Э.В., Вуколова М.Н. Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 7. Изучение субхронической токсичности перфторуглеродной кровезамещающей эмульсии – препарата «Фторэмульсия III». *Бутлеровские сообщения А*. 2026. Т.13. №2. Id.2. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-10/ROI-jbc-A/26-13-2-2 (Russian)

The English version of the article has been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications A
Advances in Organic Chemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI-jbc-A/26-13-2-2

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-86-4-10/ROI-jbc-A/26-13-2-2

**Perfluorocarbon Emulsions: Composition and Application. Part 7.
Study of the subchronic toxicity of a perfluorocarbon blood
substitute emulsion «Ftoemulsion III»**

**Sergey I. Vorobyev,*+ Sergey V. Pirozhkov, Sergey B. Bolevich,
Alexandra S. Orlova, Svetlana P. Sergeeva, Ellina V. Velichko, Marina N. Vukolova**

*Department of Pathophysiology. The 1st Medical State University Sechenov University. Trubetskaya St., 8,
Build. 2. Moscow, 119991. Russia. Phone: +7 (495) 609-14-00. E-mail: vorobyev@mail.ru*

*Supervising author; +Corresponding author

Keywords: perfluorocarbon emulsions, subchronic toxicity, toxicity.

Abstract

The study examined the subchronic toxicity of the domestic perfluorocarbon blood substitute with a gas transport function, Ftoemulsion III (formerly known as Perftoran-Plus), in white non-linear rats of both sexes. Two experimental groups of animals were used, with the first group receiving 5 ml/kg of Ftoemulsion III intravenously, and the second group receiving 50 ml/kg once daily for 30 days. The effect of subchronic administration of Ftoemulsion III on animal survival, body weight, rectal temperature, summation-subthreshold index, cardiovascular activity, biochemical and hematological parameters of peripheral blood, and pathomorphological and histological studies of various organs and tissues was evaluated.

According to the research data, it has been established that the drug Ftoemulsion III has almost no toxic effect on the bodies of male and female rats under subchronic administration conditions. Administration of the drug form of Ftoemulsion III to experimental animals at doses ten times higher than those recommended for humans did not have a toxic effect on the main organ systems (nervous, cardiovascular, hematopoietic, excretory, digestive, respiratory, and reproductive), metabolism, general condition, and development, as well as on the main homeostatic parameters of the body. Based on the studies conducted to study the toxicity of the drug Ftoemulsion III, it can be concluded that the condition of the animals that survived subchronic intoxication indicates the tolerability and relative safety of the drug, even when it is administered in amounts ten times higher than the therapeutic dose for humans.