

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-01/26-85-3-20

Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-20

УДК 61:615.384. Поступила в редакцию 4 марта 2026 г.

## Перфторуглеродные эмульсии: состав и применение. Часть 4. Физико-химический и биомедицинский анализ перфторуглеродной кровезамещающей эмульсии – «Перфторан-плюс»

© Воробьев\*<sup>+</sup> Сергей Иванович, Болевич Сергей Бранкович,  
Пирожков Сергей Викторович, Орлова Александра Сергеевна,  
Королёва Кира Сергеевна

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

\*Ведущий направление; <sup>+</sup>Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** перфторуглеродные эмульсии, перфторорганические соединения, поверхностно-активные вещества, дисперсные системы, средний размер частиц.

### Аннотация

В данной обзорной работе рассматриваются физико-химические и биомедицинские свойства модифицированного препарата «Перфторан-плюс» (новое название «Фторэмульсия-III»), который имеет аналогичный состав по ингредиентам с первым отечественным перфторуглеродным кровезаменителем «Перфторан», но отличается по коллоидно-химическим, медико-биологическим свойствам и технологии получения наноразмерной эмульсии, входящей в препарат «Перфторан-плюс». В препарате «Перфторан-плюс» всё исходное сырьё (перфторуглероды, проксанол, солевая композиция) проходят специальную доклиническую очистку, в отличие от препарата «Перфторан», что улучшает медико-биологические свойства препарата «Перфторан-плюс». Новый улучшенный перфторуглеродный препарат «Перфторан-плюс» создан в отечественной Научно-исследовательской лаборатории биологического и физико-химического изучения ПФОС Ltd. и прошёл первую фазу клинических исследований в 1999-2000 годах, согласно Временной Фармакопейной статье 42-3410-99, выписке из протокола №4 от 27.05.99 г. Фармакологического комитета МЗ РФ. Улучшение физико-химических параметров модифицированного препарата «Перфторан-плюс» показало его высокую клиническую эффективность. При этом, наблюдалось определённое преимущество в лечебном действии «Перфторан-плюс», по сравнению с первым отечественным перфторуглеродным препаратом «Перфторан». Основным преимущественным фактором в сравнительном анализе двух перфторуглеродных кровезаменителей является, как показали исследования, низкая степень побочных реакций – до 6.6% у препарата «Перфторан-плюс», по сравнению с препаратом «Перфторан», где количество побочных реакций в некоторых случаях достигало 26.3-30.6%. Низкая реактогенность (в 4-5 раз) технологически модифицированного препарата «Перфторан-плюс» и его высокая клиническая эффективность, делает его применение достаточно безопасным, без риска получения тяжёлых побочных реакций. Это позволяет использовать препарат «Перфторан-плюс» даже в амбулаторных условиях, что может принести не только хороший клинический, но и экономический эффект. Внутривенное введение «Перфторан-плюс» без предварительной фармакологической подготовки пациентов, почти полностью исключает воздействие десенсибилизирующих и седативных средств на пациентов, что способствует уверенному использованию препарата в различных по своему уровню медицинских учреждениях, и делает его более доступным для широкого клинического применения.

### Содержание

#### Введение

1. Физико-химические свойства перфторуглеродной эмульсии типа «Перфторан-плюс»
2. Анализ перфторорганических соединений
  - 2.1. Определение подлинности эмульсии
  - 2.2. Определение содержания кислорода в эмульсии
3. Анализ поверхностно-активного вещества
  - 3.1. Определение эмульгатора перфторуглеродов – проксанола
  - 3.2. Определение среднего размера частиц эмульсии
  - 3.3. Определение сохранности эмульсии
4. Биомедицинское заключение по перфторуглеродной эмульсии типа «Перфторан-плюс»

**Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:**

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*. 2026. Т.85. №3. С.20-32. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-20

**Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:**

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-01/26-85-3-20/ROI-jbc-RA/26-12-1-8

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

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-01/26-85-3-20/ROI-jbc-A/26-12-1-8

**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. Tochieva, 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] Маркина З.Н., Бовкун О.П., Цикурина Н.Н. и др. “Физико-химические свойства перфторуглеродов, применяемых для получения тонкодисперсных устойчивых эмульсий масло-вода” в Сборнике: Перфторированные углероды в биологии и медицине. *Пуццино: ОНТИ НЦБИ АН СССР*. 1980. С.58-67. 170с. [Z.N. Markina, O.P. Bovkun, N.N. Tsikurina, et al. “Physicochemical properties of perfluorocarbons used to obtain finely dispersed stable oil-water emulsions” in the Book: Perfluorinated carbons in biology and medicine. *Pushchino: DSTI SCBR USSR Academy of Sciences*. 1980. P.58-67. 170p.]
- [5] J. Lutz, M. Bauml, H. Schulze. Comparison of Fluosol-DA 35% with DA 20% in the circulation of the liver. *Proc. of the IVth Intern. Symp. on Perfluorochemical Blood Substitutes*. Kyoto. 1978. P.123-135.
- [6] J. Riess, C. Cornelus, M. Krafft, et al. “Fluorocarbon emulsion stabilisation and particle size control usiding mixed fluorocarbon” в Сборнике: Физиологическая активность фторсодержащих соединений. *Пуццино: ОНТИ НЦБИ РАН*. 1995. С.67-73. 245с. [J. Riess, C. Cornelus, M. Krafft, et al. “Fluorocarbon emulsion stabilisation and particle size control usiding mixed fluorocarbon” in the Book: Physiological activity of fluorine-containing compounds. *Pushchino: DSTI SCBR RAS*. 1995. P.67-73. 245p.]
- [7] Кузнецова И.Н., Гербут К.А., Лягушкина Л.В. Изменение массопереноса газов крови в условиях

- Обзор** \_\_\_\_\_ Воробьев С.И., Болевич С.Б., Пирожков С.В., Орлова А.С., Королёва К.С. гипоксии при инфузии эмульсии перфторуглеродов. *Физиологический журнал*. **1986**. №2. Т.LXXII. С.231-238. [I.N. Kuznetsova, K.A. Gerbut, L.V. Lyagushkina. Changes in blood gas mass transfer under hypoxic conditions during infusion of perfluorocarbon emulsion. *Physiological Journal*. **1986**. No.2. Vol.LXXII. P.231-238. (Russian)]
- [8] Кузнецова И.Н., Безрукова А.Г. Определение размеров частиц эмульсии фторорганических соединений. *Химико-фармацевтический журнал*. **1982**. №11. С.122-126. [I.N. Kuznetsova, A.G. Bezrukova. Determination of particle sizes of organofluorine compound emulsions. *Chemical and Pharmaceutical Journal*. **1982**. No.11. P.122-126. (Russian)]
- [9] Воробьев С.И. Моисеенко О.М., Средняков В.А., Беляев Б.Л. и др. “Клиническая и физико-химическая оценка биологически активной перфторуглеродной эмульсии” в Сборнике: Нанотехнологии в приложении к биологическим системам. Москва: Российской академии естественных наук. **2005**. С.85-103. 220с. [S.I. Vorobyov, O.M. Moiseenko, V.A. Srednyakov, B.L. Belyaev, *et al.* “Clinical and physicochemical evaluation of biologically active perfluorocarbon emulsion” in the Book: Nanotechnology in application to biological systems. *Moscow: Russian Academy of Natural Sciences*. **2005**. P.85-103. 220p. (Russian)]
- [10] Воробьев С.И. Перфторуглеродные эмульсии I и II поколения. *Химико-фармацевтический журнал*. **2009**. Т.43. №4. С.30-40. [S.I. Vorobyov. Perfluorocarbon emulsions of the first and second generations. *Chemical and Pharmaceutical Journal*. **2009**. Vol.43. No.4. P.30-40. (Russian)]
- [11] 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-01/26-85-3-20/ROI-jbc-A/26-12-1-8
- [12] 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-01/26-85-3-20/ROI-jbc-RA/26-12-1-8

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/26-12-1-8

*The Digital Object Identifier* – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-20/ROI-jbc-A/26-12-1-8

**Perfluorocarbon emulsions: composition and application. Part 4.  
Physico-chemical and biomedical analysis of perfluorocarbon  
blood-substituting emulsion – “Perftoran-plus”**

**Sergey I. Vorobyev,\*+ Sergey B. Bolevich, Sergey V. Pirozhkov,  
Alexandra S. Orlova, Kira S. Koroleva**

*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, perfluoroorganic compounds, surfactants, dispersed systems, average particle size.

**Abstract**

This review paper examines the physico-chemical and biomedical properties of the modified drug "Perftoran-plus" (new name "Ftoemulsion-III"), which has a similar composition in ingredients with the first domestic perfluorocarbon blood substitute "Perftoran", but differs in colloidal-chemical, biomedical properties and technology for obtaining a nanoscale emulsion, included in the drug "Perftoran-plus". In the preparation "Perftoran-plus" all raw materials (perfluorocarbons, proxanol, salt composition) undergo special preclinical purification, unlike the preparation "Perftoran", which improves the biomedical properties of the drug "Perftoran-plus". The new improved perfluorocarbon drug "Perftoran-plus" was created in the domestic Research Laboratory of Biological and Physico-Chemical Study of PFOS Ltd. and passed the first phase of clinical trials in 1999-2000, according to the Temporary Pharmacopoeia Article 42-3410-99, an extract from Protocol No.4 of 27.05.99 of the Pharmacological Committee of the Ministry of Health of the Russian Federation. The improvement of the physico-chemical parameters of the modified drug "Perftoran-plus" has shown its high clinical efficacy in biomedical studies. At the same time, there was a certain advantage in the therapeutic effect of "Perftoran-plus", compared with the perfluorocarbon preparation "Perftoran". The main predominant factor in the comparative analysis of two domestic perfluorocarbon blood substitutes is, as studies have shown, a low degree of adverse reactions – up to 6.6% in the drug "Perftoran-plus", compared with the drug "Perftoran", where the number of adverse reactions in some cases reached 26.3-30.6%. The low reactogenicity (4-5 times) of the technologically modified drug "Perftoran-plus" and its high clinical efficacy make its use quite safe, without the risk of severe adverse reactions. This allows you to use the drug "Perftoran-plus" even on an outpatient basis, which can bring not only a good clinical, but also an economic effect. Intravenous administration of "Perftoran-plus" without prior pharmacological preparation of patients, almost completely eliminates the effect of desensitizing and sedatives on patients, which contributes to the confident use of the drug in various medical institutions, and makes it more accessible for wide clinical use.

**Content**

Introduction

1. Physicochemical properties of perfluorocarbon emulsions of the “Perftoran-plus” type
2. Analysis of perfluoroorganic compounds
  - 2.1. Determining emulsion identity
  - 2.2. Determining oxygen content in the emulsion
3. Surfactant analysis
  - 3.1. Determining the perfluorocarbon emulsifier Proxanol
  - 3.2. Determining the average particle size of the emulsion
  - 3.3. Determining emulsion safety
4. Biomedical report on perfluorocarbon emulsions of the “Perftoran-plus” type