

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643357>

Анализ направлений научных исследований по применению газовых дыхательных смесей в экстремальной медицине

С.С. Алексанин¹, В.И. Евдокимов¹, И.Р. Кленков², В.Ю. Рыбников¹, М.С. Плужник²¹ Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова, Санкт-Петербург, Россия;² Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Цель. Выявить динамику и структуру направлений научных исследований российских авторов по применению газовых дыхательных смесей в экстремальной медицине.

Материалы и методы. Провели поиск публикаций в Российском индексе научного цитирования и изучили 788 отечественных публикаций за 2006–2023 гг. по применению газовых дыхательных смесей в экстремальной медицине. Статей в рецензируемых журналах отобрано 513 (65,1%), материалов конференций — 118 (15,0%), патентов на изобретения и полезные модели — 108 (13,7%), авторефератов диссертаций — 45 (5,7%). Публикации соотнесли с рубриками разработанного классификатора. Нозологии, при лечении и реабилитации которых применяли газовые дыхательные смеси, распределили по классам Международной классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ-10). Развитие направлений научных исследований изучали при помощи анализа динамических рядов и расчёта полиномиального тренда второго порядка применительно к техническим, биологическим, физиологическим, медицинским и психологическим наукам и различным газовым смесям.

Результаты. Общие вопросы применения газовых дыхательных смесей рассматривались в 1,5% работ, технические проблемы — в 8,7%, биологические — в 13,7%, физиологические — в 33,7%, медицинские — в 40,2%, психологические — в 2,2%. Отмечается динамика увеличения числа публикаций по перечисленным проблемам. В анализируемом массиве в состав газовых дыхательных смесей ксенон входил в 47,3% работ, гелий — в 19,4%, повышенное и пониженное содержание кислорода — в 11,5 и 9,7%, другие газы — в 12,1%. Выявлена динамика увеличения применения в газовых дыхательных смесях ксенона и гелия. В работах по техническим наукам в 53,2% случаев представлялись устройства для получения фармацевтических субстанций газовых дыхательных смесей, в структуре биологических исследований — в 34,9% работ маркеры применения газовых дыхательных смесей на животных, в физиологических исследованиях в 55,5% изучалось влияние газовых дыхательных смесей на оптимизацию функционального состояния и работоспособность специалистов экстремальных профессий, в том числе спортсменов (44,3%), моряков (29,1%), лётчиков (5,5%), пожарных, спасателей и пр. (21,1%), в структуре медицинских работ в 78,3% случаев исследовали эффективность лечения.

Заключение. В целом отмечается позитивное влияние применения в составе газовых дыхательных смесей инертных газов для оптимизации функционального состояния организма пациентов при некоторых нозологиях и повышения стрессоустойчивости специалистов экстремальных профессий. В то же время необходимо продолжить исследования по изучению влияния различных комбинаций газовых дыхательных смесей на организм животных и человека, извлечению из окружающей среды инертных газов и снижению их себестоимости.

Ключевые слова: газовые дыхательные смеси; азот; ксенон; аргон; гелий; функциональное состояние; работоспособность; экстремальная деятельность; наукометрический анализ.

Как цитировать:

Алексанин С.С., Евдокимов В.И., Кленков И.Р., Рыбников В.Ю., Плужник М.С. Анализ направлений научных исследований по применению газовых дыхательных смесей в экстремальной медицине // Экология человека. 2024. Т. 31, № 7. С. 503–511. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643357>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643357>

Analysis of research directions on the application of respiratory gas mixtures in extreme medicine

Sergey S. Aleksanin¹, Vladimir I. Evdokimov¹, Ilyas R. Klenkov²,
Viktor Yu. Rybnikov¹, Mihail S. Pluzhnik²

¹ The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russia;

² Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

AIM: To analyze the trends and structure of Russian scientific research on the application of respiratory gas mixtures in extreme medicine.

MATERIALS AND METHODS: A literature search was conducted in the Russian Science Citation Index, identifying 788 Russian publications from 2006 to 2023 on the application of respiratory gas mixtures in extreme medicine. A total of 513 (65.1%) articles from peer-reviewed journals, 118 (15.0%) conference materials, 108 (13.7%) patents for inventions and utility models, and 45 (5.7%) dissertation abstracts were selected. Publications were categorized into the sections of a developed classification system. Diseases for which respiratory gas mixtures were used in treatment and rehabilitation were classified according to the International Classification of Diseases (ICD-10). The evolution of research directions was assessed using time series analysis and a second-order polynomial trend calculation across technical, biological, physiological, medical, and psychological sciences, as well as for different gas mixtures.

RESULTS: General aspects of respiratory gas mixtures were discussed in 1.5% of studies, technical issues in 8.7%, biological aspects in 13.7%, physiological aspects in 33.7%, medical applications in 40.2%, and psychological aspects in 2.2%. An increasing trend in publications across these domains was observed. Among the analyzed studies, xenon was included in 47.3% of gas mixtures, helium in 19.4%, increased and decreased oxygen content in 11.5% and 9.7%, respectively, and other gases in 12.1%. A growing trend in the use of xenon and helium in respiratory gas mixtures was identified. In 53.2% of technical science studies, devices for generating pharmaceutical substances from respiratory gas mixtures were examined. In 34.9% of biological studies, biomarkers of respiratory gas mixture exposure in animal models were analyzed. In 55.5% of physiological studies, the effects of respiratory gas mixtures on optimizing functional state and performance in extreme professions were examined, including athletes (44.3%), seafarers (29.1%), pilots (5.5%), and firefighters and rescue workers (21.1%). In medical research, 78.3% of studies focused on evaluating treatment effectiveness.

CONCLUSION: Overall, a positive effect has been observed from the use of inert gases in respiratory gas mixtures for improving the functional state of patients with specific conditions and increasing stress resistance in professionals working in extreme conditions. At the same time, further research is needed to study the effects of various respiratory gas mixtures on the bodies of animals and humans, the extraction of inert gases from the environment, and lowering their cost of production.

Keywords: respiratory gas mixtures; nitrogen; xenon; argon; helium; functional status; physical performance; extreme activities; scientometric analysis.

To cite this article:

Aleksanin SS, Evdokimov VI, Klenkov IR, Rybnikov VYu, Pluzhnik MS. Analysis of research directions on the application of respiratory gas mixtures in extreme medicine. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(7):503–511. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643357>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643357>

极端医学中呼吸气体混合物应用的科学研究趋势分析

Sergey S. Aleksanin¹, Vladimir I. Evdokimov¹, Ilyas R. Klenkov²,
Viktor Yu. Rybnikov¹, Mihail S. Pluzhnik²

¹The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russia;

²Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

摘要

研究目的。分析俄罗斯学者关于呼吸气体混合物在极端医学中应用研究的动态和结构。

材料与方法。在俄罗斯科学引文索引 (RSCI) 中检索相关文献,并分析了2006年至2023年间国内关于呼吸气体混合物在极端医学中应用的788篇论文。其中,期刊论文(经同行评审)513篇(65.1%),会议论文118篇(15.0%),发明专利和实用新型专利108项(13.7%),学位论文摘要45篇(5.7%)。将这些出版物归类到制定的分类系统中,并根据国际疾病分类(ICD-10)将呼吸气体混合物用于治疗 and 康复的疾病按类别进行分组。研究方向的发展通过动态序列分析进行评估,并计算适用于技术、生物学、生理学、医学和心理学学科及各种呼吸气体混合物的二次多项式趋势。

结果。关于呼吸气体混合物应用的一般性问题占1.5%,技术问题占8.7%,生物学问题占13.7%,生理学问题占33.7%,医学问题占40.2%,心理学问题占2.2%。研究显示,关于上述问题的相关出版物数量呈增长趋势。在分析的文献中,47.3%的研究涉及氩气,19.4%涉及氦气,11.5%和9.7%的研究分别涉及高氧和低氧气体混合物,12.1%的研究涉及其他气体。研究表明,氩气和氦气在呼吸气体混合物中的应用呈增长趋势。在技术科学领域,53.2%的研究涉及用于生产呼吸气体混合物药物物质的装置。在生物学研究中,34.9%的论文涉及动物实验的呼吸气体混合物标志物。在生理学研究中,55.5%的研究关注呼吸气体混合物对极端职业人员(包括运动员44.3%、海员29.1%、飞行员5.5%、消防员、救援人员等21.1%)功能状态和工作能力优化的影响。在医学研究中,78.3%的研究评估了治疗效果。

结论。研究表明,呼吸气体混合物中惰性气体的应用可改善特定疾病患者的功能状态,并增强极端职业从业人员的抗压能力。同时,仍需进一步研究不同组合的呼吸气体混合物对动物和人体的影响,以及从环境中提取惰性气体的技术和降低其成本的策略。

关键词:呼吸气体混合物;氮气;氩气;氩气;氦气;功能状态;身体性能;极端职业活动;科学计量分析。

引用本文:

Aleksanin SS, Evdokimov VI, Klenkov IR, Rybnikov VYu, Pluzhnik MS. 极端医学中呼吸气体混合物应用的科学研究趋势分析. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(7):503–511. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643357>

收到: 23.12.2024

接受: 23.01.2025

发布日期: 02.02.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Исследования по применению газовых дыхательных смесей (ГДС) для целей экстремальной медицины, повышения, сохранения и восстановления работоспособности специалистов экстремальных видов деятельности (космонавты, водолазы, лётчики, подводники, пожарные и другие) или в интересах клинической медицины для коррекции психического состояния или анестезии активно проводились российскими исследователями ранее [1] и продолжают в последние десятилетия.

В изданных обзорах содержится анализ перспектив использования ГДС в медицинской практике [2–5], в том числе при изучении нейропротекции и при использовании в анестезиологии для наркоза [5–8], по влиянию кислородно-ксеноновых смесей на интенсивность послеоперационного болевого синдрома у онкологических больных [9], по использованию кислородно-гелиевых смесей в терапии пневмоний и COVID-19 [10], по лечению зависимостей, других психических расстройств [11–13] и заболеваний у детей [14–16], по поддержанию жизнеспособности раненых с большой кровопотерей в условиях переохлаждения [17] и при других состояниях организма человека.

Значительное количество исследований по применению ГДС, в основном с использованием ксенона, посвящено коррекции функционального состояния организма спортсменов и специалистов экстремальных профессий [18–20], например, при медицинском обеспечении подводных погружений [21, 22].

В предыдущей статье представлен кластерный анализ содержания 513 журнальных статей, опубликованных в 2006–2023 гг. При помощи программы VOSviewer ключевые слова в статьях были объединены в 7 кластеров. Кластеры перечислены по величине общей силы связи ключевых слов, которая была несколько отличной от числа статей: вопросы ксеноновой анестезии изучались в 29,0% публикаций, гипоксических тренировок — в 22,5%, газового состава в замкнутых пространствах — в 22,0%, кислородно-гелиевых смесей — в 16,4%, влияния ГДС на нейропротекцию — в 4,4%, кислородно-ксеноновых смесей при стрессе — в 3,6%, ГДС при низкпоточной анестезии — в 3,6%. Выявлены ведущие отечественные научные школы и учёные, исследовавшие влияние ГДС на организм человека и животных [23].

Цель исследования. Выявить динамику и структуру направлений научных исследований российских авторов по применению ГДС в экстремальной медицине.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучили научные публикации, проиндексированные в Российском индексе научного цитирования.

Поиск включал в себя следующее:

- ключевые слова: «газовые дыхательные смеси», «ксенон», «аргон», «гелий», «кислородные смеси»;

- где искать: в заглавии, ключевых словах и рефератах статей в журналах, материалах научных конференций, конгрессов, патентах на изобретения и полезные модели;
- период публикации: 2006–2023 гг.

По поисковым режимам получили несколько подборок, которые объединили в общий массив из 788 публикаций по использованию ГДС.

Публикации этого массива изучили рутинным способом и соотнесли с рубриками разработанного классификатора (табл. 1). В разделы 2.1–2.4 и 5.1–5.2 были включены следующие подразделы: с ксеноном, с гелием, с закисью азота, с другими газами; в разделы 3.1–4.4 — дополнительно к указанному: с повышенным и пониженным содержанием кислорода; в раздел 4.5 — спортсмены, моряки, лётчики, другие специалисты экстремальных профессий.

Нередко содержание публикаций относилось к нескольким разделам классификатора. Количество рубрик суммировали (их оказывалось больше, чем изученных публикаций) и определяли процентные соотношения исследований.

Нозологии, при лечении и реабилитации которых применяли ГДС, распределили по классам Международной классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10).

Развитие направлений научных исследований изучали при помощи анализа динамических рядов и расчёта полиномиального тренда второго порядка [24] применительно к техническим, биологическим, физиологическим и медицинским наукам и различным газовым смесям. Коэффициент детерминации (R^2) демонстрировал связь построенного тренда с данными: чем больше R^2 (максимальный 1,0), тем больше приближался он к реально наблюдавшимся данным.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полиномиальный тренд при высоком коэффициенте детерминации показывал увеличение числа публикаций, что может свидетельствовать об актуальности исследований и повышении интереса учёных к проблемам использования ГДС в экстремальной медицине (рис. 1). Например, если в 2006 г. издана 31 публикация, то в 2023 г. — 66, увеличение — в 2,1 раза.

Статей в рецензируемых журналах было 513 (65,1%), в материалах конференций — 118 (15,0%), патентов на изобретения и полезные модели — 108 (13,7%), авторефератов диссертаций — 45 (5,7%), прочих — 4 (0,5%).

При высоких коэффициентах детерминации полиномиальные тренды исследований по биологическим, физиологическим и медицинским проблемам применения ГДС демонстрируют увеличение данных (рис. 2). Например, в 2006 г. по биологическим проблемам было 7 публикаций, в 2023 г. — 22, увеличение — в 3,1 раза; по физиологическим наукам — 15 и 42 соответственно, увеличение —

Таблица 1. Классификатор изучения научных исследований по применению газовых дыхательных смесей
Table 1. Classifier for the study of scientific research on the use of gaseous breathing mixtures

Рубрики Categories	Всего, % Total (%)	В науке, % In science (%)
1. Общие вопросы General questions	1,5	
1.1. Съезды, конгрессы, конференции, персоналии Convention, congresses, conferences, personalities		
1.2. Правовое регулирование Legal regulation		
2. Технические науки Technical sciences	8,7	100,0
2.1. Устройства для получения фармацевтических субстанций Devices for the production of pharmaceutical substances		53,2
2.2. Устройства для наркоза Anesthesia devices		5,5
2.3. Устройства для оптимизации функционального состояния и работоспособности Devices for optimizing the functional state and operability		15,6
2.4. Устройства для лечения заболеваний Devices for the treatment of diseases		25,6
3. Биологические науки Biological sciences	13,7	100,0
3.1. Маркеры использования на животных Markers of use on animals		34,9
3.2. Оценка использования по клинико-лабораторным показателям (иммунология, клеточные показатели крови и пр.) Evaluation of usage based on clinical and laboratory parameters (immunology, blood cell counts, etc.)		38,9
3.3. Оценка использования по электрофизиологическим показателям (электроэнцефалография, спектроскопия и пр.) Assessment of usage by electrophysiological parameters (electroencephalography, spectroscopy, etc.)		26,2
4. Физиологические науки Physiological sciences	33,7	100,0
4.1. Влияние на сердечно-сосудистую систему Effects on the cardiovascular system		11,6
4.2. Влияние на систему дыхания Effects on the respiratory system		9,3
4.3. Влияние на органы чувств (зрение, слух) Effects on the senses (vision, hearing)		2,4
4.4. Влияние на психические функции, нейропротекцию, боль Effects on mental functions, neuroprotection, pain		21,1
4.5. Оптимизация функционального состояния и работоспособности Optimization of functional status and operability		55,5
5. Медицинские науки Medical Sciences	40,2	
5.1. Использование для наркоза Use for anesthesia		
5.2. Лечение заболеваний с применением газовых дыхательных смесей (по классам МКБ-10) Treatment of diseases with the use of gas breathing mixtures (according to ICD-10 classes)		100,0
5.2.1. Некоторые инфекционные заболевания, COVID-19 (I) Some infectious diseases, COVID-19 (I)		17,4
5.2.2. Новообразования (II) Neoplasms (II)		10,4
5.2.3. Психические расстройства, зависимости (V) Mental disorders, addictions (V)		9,7
5.2.4. Болезни нервной системы (VI) Diseases of the nervous system (VI)		15,1
5.2.5. Болезни глаза и его придаточного аппарата (VII) Diseases of the eye and its accessory apparatus (VII)		2,0
5.2.6. Болезни уха и сосцевидного отростка (VIII) Diseases of the ear and mastoid process (VIII)		2,0
5.2.7. Болезни системы кровообращения (IX) Diseases of the circulatory system (IX)		10,9
5.2.8. Болезни органов дыхания (X) Respiratory diseases (X)		9,9
5.2.9. Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (XIII) Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue (XIII)		7,4
5.2.10. Болезни мочеполовой системы, патология беременности (XIV) Diseases of the genitourinary system, pathology of pregnancy (XIV)		8,1
5.2.11. Травмы, отравления и другие воздействия внешних причин (XIX) Injuries, poisoning and other effects of external causes (XIX)		2,3
5.2.12. Болезни полости рта, слюнных желёз и челюстей (1-я группа, XI) Diseases of the oral cavity, salivary glands and jaws (group I, XI)		4,8
6. Психологические науки Psychological sciences	2,2	
6.1. Психологическая реабилитация Psychological rehabilitation		

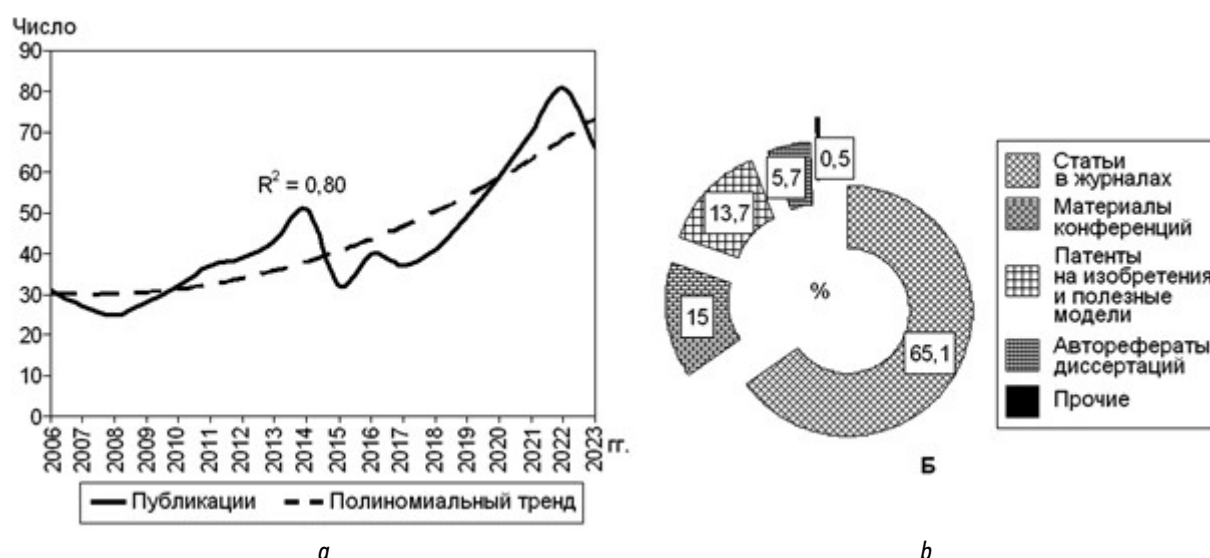


Рис. 1. Динамика количества изученных публикаций (а) и структура типа изданий (б).

Fig. 1. Dynamics of the number of publications studied (a) and the structure of the publications by types (b).

в 2,8 раза; по медицинским наукам — 20 и 45 соответственно, увеличение — в 2,3 раза. При невысоком коэффициенте детерминации тренд исследований по техническим проблемам напоминал U-кривую (см. рис. 2).

Общие вопросы применения ГДС рассматривались в 1,5% публикаций, технические проблемы — в 8,7%, биологические — в 13,7%, физиологические — в 33,7%, медицинские — в 40,2%, психологические — в 2,2% (см. табл. 1).

В анализируемом массиве данных в состав ГДС ксенон входил в 47,3% публикаций, гелий — в 19,4%, повышенное и пониженное содержание кислорода — в 11,5 и 9,7%, другие газы — в 12,1%. Необходимо также отметить высокую стоимость инертных газов и необходимость проведения исследований по их извлечению

из окружающей среды, что будет способствовать снижению себестоимости [25, 26].

С высокими коэффициентами детерминации полиномиальные тренды публикаций по использованию в ГДС ксенона и гелия показывали рост показателей (рис. 3). Например, в 2006 г. действие ксенона изучалось в 18 работах, в 2023 г. — в 45, увеличение — в 2,5 раза; гелия — в 7 и 21 работах соответственно, увеличение — в 3 раза.

При низких коэффициентах детерминации полиномиальный тренд по применению повышенного содержания кислорода в ГДС напоминал U-кривую с тенденцией увеличения публикаций, пониженного содержания кислорода — пологой инвертированную U-кривую с тенденцией уменьшения данных в последний период наблюдения (см. рис. 3).

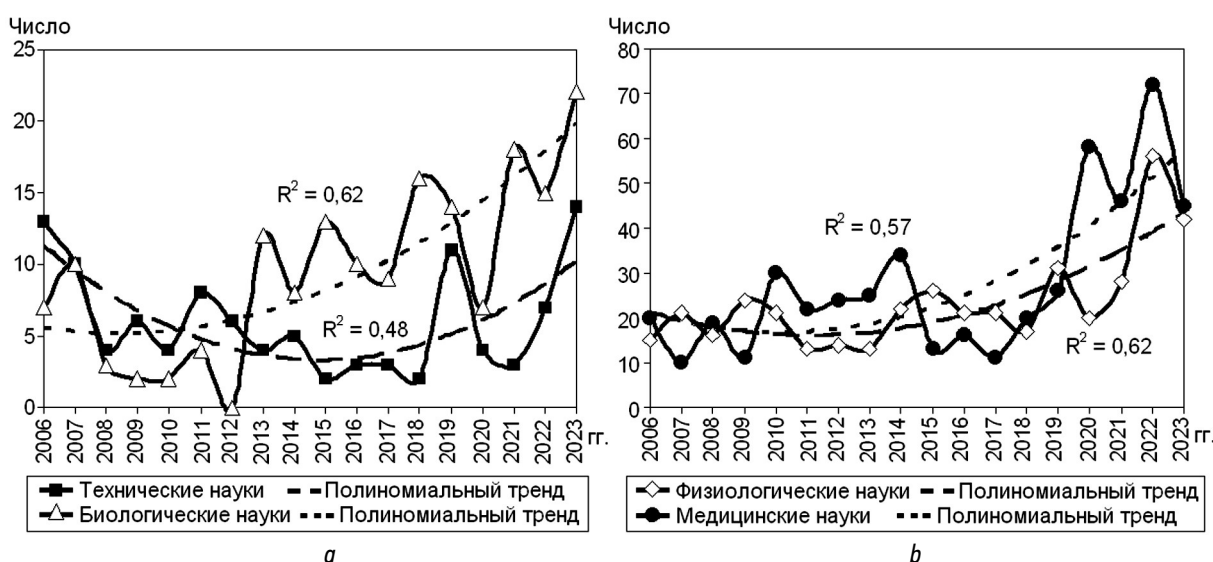


Рис. 2. Динамика количества исследований по применению газовых дыхательных смесей в технических и биологических науках (а), в физиологических и медицинских науках (б).

Fig. 2. The dynamics of the number of studies on the use of gas breathing mixtures in technical and biological sciences (a), in physiological and medical sciences (b).

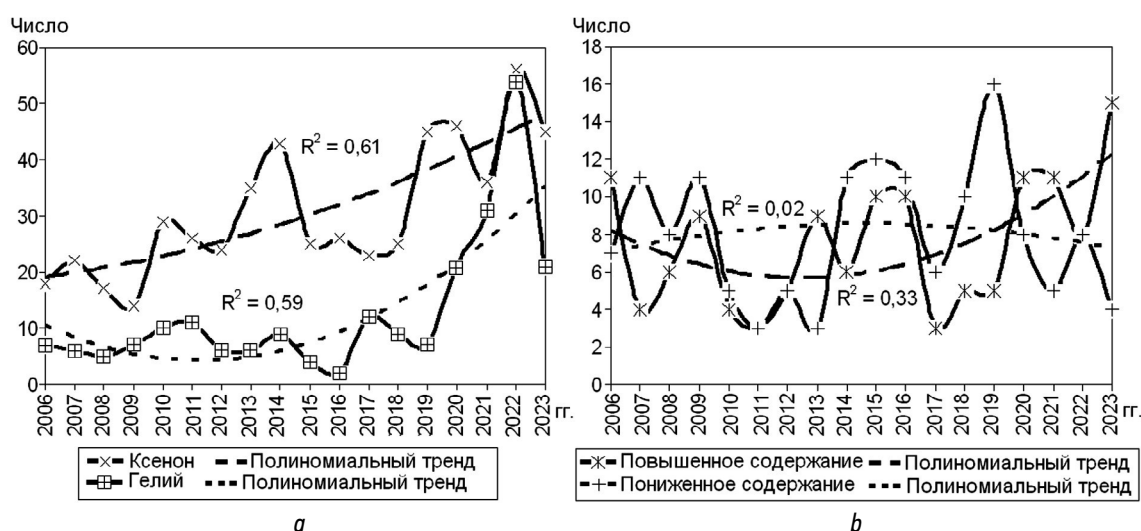


Рис. 3. Динамика количества исследований по применению в газовых дыхательных смесях ксенона и гелия (а), кислорода с разным содержанием (b).

Fig. 3. Dynamics of the number of studies on the use of xenon and helium (a) and oxygen with different contents (b) in gas breathing mixtures.

Уместно указать, что в последние годы увеличивается число работ, в которых изучается действие на организм человека и животных других газов, например, аргона, азота в разных концентрациях и пр.

В структуре технических исследований в 53,2% работ представлялись устройства для получения фармацевтических субстанций ГДС (см. табл. 1). В технических устройствах ксенон предполагали использовать в 37,7% работ, гелий — в 28,4%, повышенное содержание кислорода — в 11,9%, другие газы — в 22,0%.

В структуре биологических исследований результаты использования ГДС по выделенным рубрикам классификатора были в близких по значимости долях (см. табл. 1). В качестве объекта исследований ксенон был в 46,0% работ, гелий — в 12,8%, кислород с повышенным содержанием — в 8,7%, с пониженным содержанием — в 15,1%, другие газы — в 17,4% работ.

В структуре физиологических исследований в 55,5% работ изучалось влияние ГДС на оптимизацию функционального состояния и работоспособность специалистов экстремальных профессий (см. табл. 1), в том числе спортсменов (44,3%), моряков (29,1%), лётчиков (5,5%), пожарных, спасателей и пр. (21,1%). В публикациях, соотнесённых с физиологическими науками, в состав ГДС ксенон входил в 25,7% работ, гелий — в 15,4%, аргон — в 8,3%, кислород с повышенным содержанием — в 17,8%, с пониженным содержанием — в 28,0%, другие газы — в 4,8%.

В структуре медицинских исследований по применению ГДС при наркозе оказалось 21,7% работ, при лечении заболеваний — 78,3% (рис. 4). При медицинских исследованиях в составе ГДС ксенон присутствовал в 65,1% работ, гелий — в 21,9%, повышенное содержание кислорода — в 6,4%, закись азота — в 1,0%, другие газы — в 5,6%.

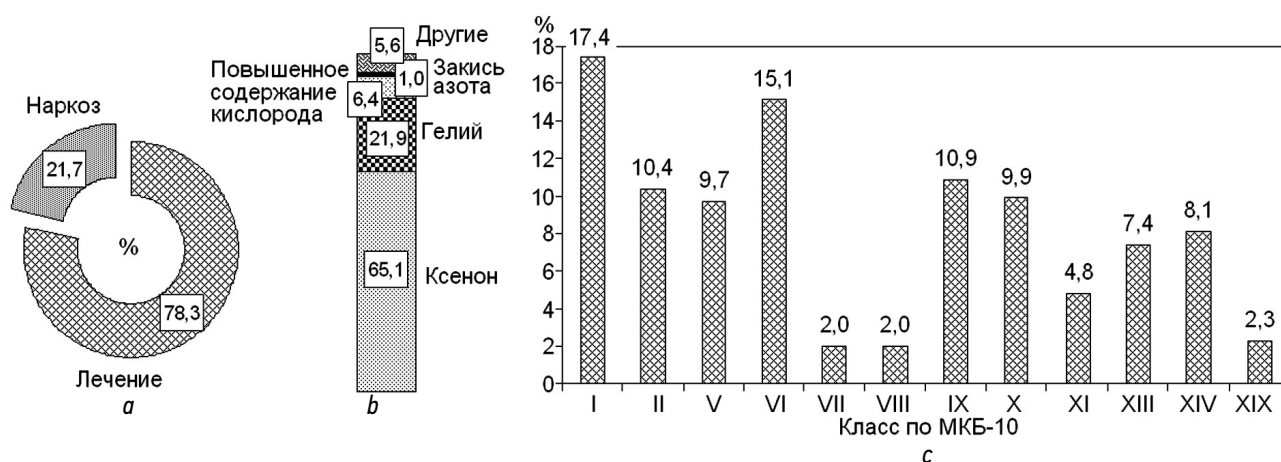


Рис. 4. Структура применения газовых дыхательных смесей в медицинских работах (а), номенклатура газовых дыхательных смесей (b), лечение нозологий (c).

Fig. 4. The structure of the use of gas breathing mixtures in medical work (a), the nomenclature of gas breathing mixtures (b), the treatment of nosologies (c).

Структура лечения нозологий по классам МКБ-10 с использованием ГДС показана на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ГДС в интересах экстремальной медицины и специалистов экстремальных видов деятельности, клинической медицины для коррекции психического состояния или анестезии достаточно широко представлены в научных работах российских авторов.

В целом отмечается позитивное влияние применения в составе ГДС инертных газов для оптимизации функционального состояния организма пациентов при некоторых нозологиях и повышения стрессоустойчивости специалистов экстремальных профессий. В то же время необходимо продолжить исследования по изучению влияния различных комбинаций ГДС на организм животных и человека, извлечению из окружающей среды инертных газов и снижению их себестоимости.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. С.С. Алексанин, В.Ю. Рыбников — методология исследования, редактирование окончательной версии статьи; В.И. Евдокимов — создание рубрикатора статей, статистический анализ

данных, подготовка иллюстраций, написание первого варианта статьи; И.Р. Кленков — создание рубрикатора статей, рубрикация статей; М.С. Плужник — анализ первичных данных, перевод реферата, транслитерация списка литературы, написание первого варианта статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. S.S. Aleksanin, V.Yu. Rybnikov — methodology of the research, editing of the final version of the article; V.I. Evdokimov — creation of the article rubricator, statistical data analysis, preparation of illustrations, writing the first version of the article; I.R. Klenkov — creation of an article rubricator, article rubrication; M.S. Pluzhnik — analysis of primary data, translation of the abstract, transliteration of the list of references, writing the first version of the article. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Sergeev AA. *Russian literature on aviation, high-altitude and space biology and medicine*. Leningrad: Nauka; 1969–1980. Issues 1–3 (In Russ.)
2. Miroshnichenko YuV, Shchegolev AV, Enikeeva RA, Grachev IN. Identification of the nomenclature of gases for medical use and justification of proposals for regulating their circulation. *Military Medical Journal*. 2018;339(12):46–54. EDN: YPDCQP
3. Nazarov EI. Adaptation approach to the explanation of the therapeutic treatment of ozone, xenon and hydrogen. *Herald of Physiotherapy and Health Resort Therapy*. 2019;25(3):9–33. EDN: UVXKOF
4. Khadartsev AA, Tokarev AR, Valentinov BG. Xenon in medical technologies (literature review). *Journal of New Medical Technologies, Edition*. 2022;16(4):141–149. doi: 10.24412/2075-4094-2022-4-3-8 EDN: EYIYGC
5. Yarygin NV, Shomina EA. Use of xenon in medical practice (literature review). *Practical medicine*. 2022;20(4):171–176. doi: 10.32000/2072-1757-2022-4-171-176 EDN: EVVOBE
6. Bubnova ID, Gerasimova YY, Ermakov MA, et al. Comparative evaluation of the neuroprotective effects subarcticus and drug concentrations medical xenon. *Ural Medical Journal*. 2017;(5):109–113. EDN: YSYTVD
7. Lisichenko IA, Gusarov VG, Teplykh BA, et al. Assessment of amnesic effect and the depth of hypnosis during therapeutic inhalation of xenon-oxygen mixture. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2022;19(5):19–27. doi: 10.21292/2078-5658-2022-19-5-19-27 EDN: JPHOJB
8. Marchenko LYu, Sigaleva EE, Matsnev EI, Anikeev DA. Current view of the action mechanisms and clinical use of xenon inhalations for the purposes of neuroprotection. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2020;54(2):22–29. doi: 10.21687/0233-528X-2020-54-2-22-29 EDN: PCBEBM
9. Potievskaya VI, Shvetskiy FM, Sidorov DV, et al. Assessment of xenon effect on postoperative pain syndrome severity in oncological patients: a randomized study. *Annals of Critical Care*. 2021;(3):140–148. doi: 10.21320/1818-474X-2021-3-140-150 EDN: BKZPLD
10. Lakhin RE, Shapovalov PA, Shchegolev AV, et al. Efficacy of using helium-oxygen mixture in the intensive care of pneumonia in adult patients: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Critical Care*. 2022;(2):52–69. doi: 10.21320/1818-474X-2022-2-52-69 EDN: HEKCCS
11. Bubeev YuA, Boyarintsev VV, Bazii NI, et al. *Medical xenon in treatment of stress-associated: methodological recommendations*. Moscow: FGU UNMCz UD Prezidenta RF; 2014. 28 p. (In Russ.) EDN: DSXQSJ
12. Utkin SI, Abdullaev TYu, Sivach TV, et al. A double blind, placebo-controlled study of the efficacy of a mixture of helium and oxygen in the complex therapy of patients with alcohol withdrawal syndrome. *Journal of Addiction Problems*. 2019;(3):64–84. doi: 10.47877/0234-0623_2019_3_64 EDN: XQKZZB
13. Tsygankov BD, Shamov SA, Bryun EA, et al. *Inhalation therapy with medical xenon in a drug addiction clinic*. Moscow, 2011. 42 p. (In Russ.) EDN: KWOQTF
14. Adkina EA. *Use of xenon in combined anesthesia in patients with cerebral palsy* [dissertation]. Moscow; 2022. 120 p. (In Russ.) EDN: DDOTHU
15. Sabinina TS, Bagaev VG, Alekseev IF. Prospects for applying xenon curative properties in pediatrics. *Pediatric Pharmacology*. 2018;15(5):390–395. doi: 10.15690/pf.v15i5.1961 EDN: VBURNO
16. Haliullin D.M. *Inhalation xenon anaesthesia in outpatient child dentistry* [dissertation abstract]. Moscow; 2020. 24 p. (In Russ.)
17. Patent RUS N 2779951. 02.11.2020. Bull. N 26. Petrov VA, Ivanov AO, Kindzerskiy AV, Majorov IV. *Therapeutic breathing gas mixtures for maintenance of viability of the wounded with great blood loss with hypothermia, and their application method*. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/36/7c/f3/efb97c3d8db8a5/RU2779951C2.pdf> (In Russ.)
18. Bubeev YuA, Potapov AV, Ivanov AV. Specific features of the method of using noble gas xenon with the purpose to correct stress-induced disorders in people of dangerous occupations. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2022;56(3):66–70. doi: 10.21687/0233-528X-2022-56-3-66-70 EDN: RHRHSI

19. Ushakov IB, Kal'manov AS, Bubeev JuA. Specific xenonbased gas mixtures used for stress correction therapy in patients exposed to lethal force scenarios. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2023;(1):59–67. doi: 10.25016/2541-7487-2023-0-1-59-67 EDN: WNONIT
20. Ushakov IB, Pyatibrat AO. Prospects of xenon application in functional recovery and rehabilitation of patients working in extreme occupational environments. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022;(4):40–54. doi: 10.25016/2541-7487-2022-0-4-40-54 EDN: OMGXNR
21. Zverev DP, Haustov AB, Ryzilov DV, Myasnikov AA. Experience of medical provision of autonomous diving launches in equipment of the open and closed type with the use of breathing gas mixtures differentiated by the value of hylc. *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*. 2021;40(S2):92–95. EDN: BGEMZU
22. Reyimov DV, Motasov GP, Alpatov VN. On the necessity to control the partial pressure of nitrogen in the oxygen-nitrogen-helium medium of pressure chamber assembly and to adjust the pressure in the course of intensive diving. *Marine Medicine*. 2015;1(1):63–66. EDN: WIMWKZ
23. Evdokimov VI, Aleksanin SS, Rybnikov VYu, et al. Scientometric analysis of articles of respiratory gas mixtures and their application in emergency medicine. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2024;(3):104–123. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-3-104-123 EDN: FRBVND
24. Kholmatova KK, Grijbovski AM. Panel- and trend studies in medicine and public health. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2016;23(10):57–63. doi: 10.33396/1728-0869-2016-9-57-64 EDN: WQSIDR
25. Kolpakov MYu. *Study of the dynamics of xenon adsorption on industrial sorbents and development of technology for obtaining a xenon-containing mixture in air separation units* [dissertation abstract]. Moscow; 2007. 16 p. (In Russ.) EDN: NJBLEV
26. Yakutseni VP. Helium resource base in the world and the prospects of helium industry development. *Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*. 2009;4(2):1–24. EDN: KNNUNF

ОБ АВТОРАХ

***Евдокимов Владимир Иванович**, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 194044, Санкт-Петербург,
ул. акад. Лебедева, д. 4/2;
ORCID: 0000-0002-0771-2102;
eLibrary SPIN: 1692-4593;
e-mail: 9334616@mail.ru

Александр Сергей Сергеевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-6998-1669;
eLibrary SPIN: 1256-5967;
e-mail: aleks.serg@rambler.ru

Кленков Ильяс Рифатьевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-1465-1539;
eLibrary SPIN: 9827-8535;
e-mail: klen.ir@mail.ru

Рыбников Виктор Юрьевич, д-р мед. наук,
д-р психол. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-5527-9342;
eLibrary SPIN: 3720-0458;
e-mail: rvikirina@mail.ru

Плужник Михаил Сергеевич;
ORCID: 0009-0002-0535-533X;
eLibrary SPIN: 6513-3583;
e-mail: pluzhnikms@yandex.ru

AUTHORS' INFO

***Vladimir I. Evdokimov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 4/2 Academica Lebedeva st, St. Petersburg, Russia,
194044;
ORCID: 0000-0002-0771-2102;
eLibrary SPIN: 1692-4593;
e-mail: 9334616@mail

Sergey S. Aleksanin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-6998-1669;
eLibrary SPIN: 1256-5967;
e-mail: aleks.serg@rambler.ru

Ilyas R. Klenkov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-1465-1539;
eLibrary SPIN: 9827-8535;
e-mail: klen.ir@mail.ru

Viktor Yu. Rybnikov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Dr. Sci. (Psychology),
Professor;
ORCID: 0000-0001-5527-9342;
eLibrary SPIN: 3720-0458;
e-mail: rvikirina@mail.ru

Mihail S. Pluzhnik;
ORCID: 0009-0002-0535-533X;
eLibrary SPIN: 6513-3583;
e-mail: pluzhnikms@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author