

**В.И. Евдокимов^{1,2}, С.С. Алексанин¹, В.Ю. Рыбников¹,
А.А. Мясников², В.А. Глухов³**

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТАТЕЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГАЗОВЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

¹ Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова

(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

² Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова

(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6);

³ Научная электронная библиотека, eLIBRARY.RU

(Россия, Москва, Научный проезд, д. 14А, стр. 3, пом. I)

Введение. Использование специальных газовых дыхательных смесей (ГДС) существенно улучшает проведение наркоза и лечение некоторых заболеваний, повышает функциональные резервы человека и работоспособность.

Цель – выявить основные направления научных исследований в отечественных статьях по применению ГДС в экстремальной медицине.

Методология. Поисковый запрос в Научной электронной библиотеке позволил создать массив из 513 отечественных научных статей по использованию ГДС, опубликованных с 2006 по 2023 г. При помощи программы VOSviewer 1.6.20 провели кластерный анализ статей при четырех и более повторениях ключевых слов и восьми публикациях и более, изданных авторами самостоятельно или в соавторстве.

Результаты и их анализ. Среднегодовое количество статей было (29 ± 3) . Отмечалась динамика увеличения статей. Проведенный наукометрический анализ массива статей показал высокую востребованность их содержания у пользователей, например, среднее число цитирований в расчете на 1 статью было 3,29, притом что уровень самоцитирования оказался достаточно значимым – 30,2 %. Выявлены журналы, опубликовавшие наибольшее количество статей, и ведущие научные школы. Ключевые слова в статьях при помощи программы VOSviewer сгруппировались в 7 кластеров: 1-й кластер, названный «Ксеноновая анестезия», представлял 258 (35 %) статей с общей силой связи 29 % в массиве, 2-й – «Гипоксические тренировки» – 171 (23,2 %) и 22,5 % соответственно, 3-й – «Газовый состав в замкнутом пространстве» – 76 (10,3 %) и 22 %, 4-й – «Кислородно-гелиевая смесь» – 132 (17,9 %) и 16,4 %, 5-й – «Влияние газовых смесей на нейропротекцию» – 32 (4,3 %) и 3,6 %, 6-й – «Кислородно-ксеноновая терапия при стрессе» – 40 (5,4 %) и 3,6 %, 7-й – «Низкопоточная анестезия» – 28 (3,8 %) и 3,6 % соответственно.

Заключение. Изучение публикаций может способствовать повышению информационной поддержки научных исследований по экстремальной медицине, в том числе, для оптимизации функционального состояния организма и повышения работоспособности, включая специалистов, профессиональная деятельность которых осуществляется в субэкстремальных и экстремальных условиях.

Ключевые слова: газовые дыхательные смеси, функциональное состояние, работоспособность, экстремальная деятельность, научная статья, научные школы, наукометрический анализ, программа VOSviewer.

✉ Евдокимов Владимир Иванович – д-р мед. наук проф., гл. науч. сотр., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2); преподаватель каф. психиатрии, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, директор, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID: 0000-0001-5527-9342, e-mail: rvmirina@mail.ru;

Рыбников Виктор Юрьевич – д-р мед. наук, д-р психол. наук проф., зам. директора по науч., учеб. работе, медицине катастроф, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID: 0000-0001-5527-9342, e-mail: rvmirina@mail.ru;

Мясников Алексей Анатольевич – д-р мед. наук проф., каф. физиологии подводного плавания, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), ORCID: 0000-0002-7427-0885, e-mail: a_mjasnikov@mail.ru;

Глухов Виктор Алексеевич – канд. техн. наук, зам. директора, Науч. электрон. библиотека (Россия, 117246, Москва, Научный проезд, д. 14А, стр. 3, пом. I, ком. 1), e-mail: olunid@elibrary.ru

Введение

При освоении воздушного пространства и глубин морей для повышения работоспособности экипажей самолетов и подводных лодок возникла необходимость изучения влияния газовых дыхательных смесей (ГДС) с различным содержанием кислорода на организм человека. основополагающие научные работы для этих целей были выполнены в 1930–1950-х годах [41].

Оказалось также, что использование ГДС, например, при сочетании кислорода и инертных газов способствует улучшению проведения наркоза и лечения некоторых заболеваний [30, 35, 45, 48, 54], оптимизации функционального состояния организма специалистов, деятельность которых проходит в особых и экстремальных условиях деятельности [9, 43, 44], например, раненых с большой кровопотерей [33]. Номенклатура газов для применения в медицинских целях и обоснование предложений по регулированию их обращения представлены в статье [28].

Цель – выявить основные направления научных исследований в отечественных статьях по применению ГДС в экстремальной медицине.

Материал и методы

Изучили отечественные научные публикации, представленные в Российском индексе научного цитирования, который формируют сотрудники Научной электронной библиотеки [<https://elibrary.ru/>].

Поисковый режим составил:

- ключевые слова: газовые дыхательные смеси, ксенон, аргон, гелий, кислородные смеси;
- область поиска: в заглавии, ключевых словах и рефератах статей в журналах, материалах научных конференций, конгрессов, патентах на изобретения и полезных моделей;
- период публикаций: 2006–2023 гг.

Создали несколько поисковых подборок, результаты которых просмотрели рутинным способом, а затем объединили, в результате чего был создан обобщенный массив, содержащий 795 публикаций по ГДС, в том числе, 513 статей в научных рецензируемых журналах, содержание которых стало предметом наших исследований.

В Российском индексе научного цитирования в автоматизированном режиме провели их наукометрический анализ, который включал востребованность публикаций по числу цитирований, ведущие журналы и организации

и некоторые другие показатели. Обобщенные показатели востребованности найденных статей сравнили с цитированием на 29.08.2024 г. 894 отечественных статей по боевому стрессу с 2005 по 2021 г. [14].

Для полученного массива статей использовали программу визуализации VOSviewer, разработанную сотрудниками Centre for Science and Technology Studies of Leiden University (Нидерланды) [56]. С ее помощью можно оперативно распознавать закономерности содержания в больших массивах библиографических данных, например, объединять ключевые слова в кластеры и, тем самым, выявлять направления научных исследований или отношения соавторства (научные школы) [57]. Для изучения направлений научных исследований программу VOSviewer начинают использовать отечественные ученые, например, для анализа отечественных статей по боевому стрессу [14], зарубежных публикаций по подводной медицине [13] и др.

При помощи программы VOSviewer 1.6.20 выявили статьи, имеющие сходство совместных проявлений (ключевое слово, соавтор и др.), и определили общую силу их связей (Total Link Strength), которую использовали как основополагающий показатель для рейтинга объектов. При визуализации объектов диаметр маркера изучаемого термина (ключевого слова или автора, организации) на иллюстрациях в программе VOSviewer определялся количеством статей, а толщина линий между маркерами – силой связей или числом встречаемости их вместе в публикациях. Наведение курсора на эти графические изображения показывало во всплывающем окне цифровые взаимоотношения ключевых слов (соавторств).

С помощью сотрудников Научной электронной библиотеки статьи выгрузили в формате .csv (comma-separated values). При загрузке 513 статей в программу VOSviewer выявили 1212 ключевых слов. Программа проводит оптимальный анализ ключевых слов, если их не больше 1000. Сокращение терминов достигали увеличением их повторений в статьях, т.е. частоты встречаемости. Например, при 3 повторениях выявляли 120 ключевых слов, которые объединялись в 11 кластеров, при 4 повторениях – 69 слов и 7 кластеров, при 5 повторениях – 60 слов и 6 кластеров.

Для кластерного анализа направлений научных исследований решили использовать 4 повторения ключевых слов. Кроме того, из общего массива публикаций выделены авторы,

которые лично или в соавторстве издали 8 статей и более по вопросам ГДС с 2006 по 2023 г.

В тексте представлены средние арифметические показатели и их ошибки. Развитие публикаций оценивали с помощью анализа динамических рядов и расчета полиномиального тренда 2-го порядка [47]. Коэффициент детерминации (R^2) показывал связь построенного тренда с данными, чем больше был R^2 (максимальный 1,0), тем больше приближался он к реально наблюдавшимся данным.

Результаты и их анализ

Динамика публикаций статей по применению ГДС изображена на рис. 1. Среднегодовое

количество статей было (29 ± 3). Полиномиальный тренд при значимом коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,57$) демонстрировал увеличение данных. При всей вариабельности данных, если в 2006 г. было издано 15 статей, то в 2023 г. их стало 38, увеличение – в 2,5 раза.

На рис. 2 представлены 14 журналов, в которых авторы опубликовали наибольшее количество статей (8 и более) по ГДС. Отмечается невысокий вклад журналов в структуру публикаций. Журналов, которые образовали бы ядро публикаций по изучаемой проблеме, нет, что может затруднять поиск статей по журналам. Например, в журнале «Авиакосмическая и экологическая медицина» больше всего

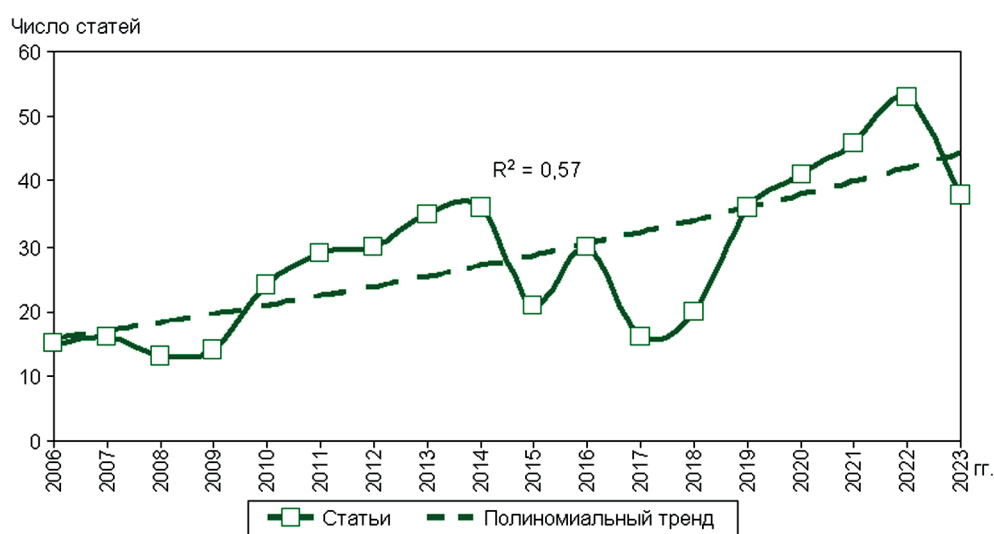


Рис. 1. Динамика публикаций отечественных статей по использованию ГДС.

Ранг	Название журнала	Число статей (%)
1-й	Авиакосмическая и экологическая медицина	22 (4,3)
2-й	Анестезиология и реаниматология	18 (3,5)
3-й	Морская медицина	12 (2,3)
4-й	Физиология человека	11 (2,1)
5-й	Вестник Российской Военно-медицинской академии	10 (1,9)
6-й	Бюллетень экспериментальной биологии и медицины	9 (1,8)
	Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова	9 (1,8)
	Детская хирургия	9 (1,8)
7-й	Вестник интенсивной терапии	8 (1,6)
	Физиотерапия, бальнеология и реабилитация	8 (1,6)
	Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского	8 (1,6)
	Военно-медицинский журнал	8 (1,6)
	Известия Российской военно-медицинской академии	8 (1,6)
	Альманах клинической медицины	8 (1,6)

Рис. 2. Журналы, в которых авторы опубликовали наибольшее количество статей по проблемам использования ГДС.

Ранг	Название организации	Число статей (%)
1-й	Государственный научный центр России – Институт медико-биологических проблем	44 (8,6)
2-й	Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова	36 (7,0)
3-й	Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования	34 (6,6)
4-й	Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова	33 (6,4)
5-й	Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии	26 (5,1)
6-й	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова	20 (3,9)
7-й	Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии	17 (3,3)
8-й	Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова	15 (2,9)
8-й	Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского	14 (2,7)
	Российский университет медицины	14 (2,7)

Рис. 3. Организации, авторы из которых опубликовали наибольшее количество статей по проблемам использования ГДС.

издано статей по проблемам использования ГДС с долей 4,3 %. Перечисленные журналы (см. рис. 2) издали 148 статей или 28,8 % от общего массива.

На рис. 3 представлены 10 организаций, авторы из которых опубликовали наибольшее количество статей (14 и более) по ГДС. Их вклад в структуру составил 253 статьи или 49,3 % от массива. Наибольшее число статей издали авторы из Государственного научного центра России – Института медико-биологических проблем (см. рис. 3).

Обобщенные наукометрические показатели статей по ГДС и боевому стрессу представлены в табл. 1. В массивах статей отмечается большое число соавторов, например, среднее число статей, приходящееся на 1 соавтора, составило 0,24 и 0,39. В массиве статей по ГДС большая доля были напечатаны в журна-

лах, которые входят в международные базы данных Web of Science или Scopus, в коллекции лучших российских журналов в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) и на платформе Russian Science Citation Index (RSCI). Однако такие наукометрические показатели, как среднее число цитирований в расчете на 1 статью, среднее число цитирований в расчете на 1 соавтора, оказались более выраженными в массиве статей по боевому стрессу. Следует также заметить, что в массиве статей по ГДС был высокий уровень самоцитирования (30,2 %) (см. табл. 1).

Как уже было указано ранее, при четырех повторах и более ключевых слов образовалось 7 кластеров. Частотный анализ ведущих ключевых слов в массиве статей по ГДС с использованием программы VOSviewer представлен в табл. 2, их взаимосвязи – на рис. 4.

Таблица 1

Обобщенные наукометрические показатели статей

Показатель	ГДС, на 02.09.2024 г.	Боевой стресс [14], на 29.08.2024 г.
Число статей в журналах	513	894
Число статей в журналах, входящих в Web of Science или Scopus, n (%)	145 (28,3)	217 (24,3)
Число статей в журналах, входящих в ядро РИНЦ, n (%)	256 (49,9)	311 (34,8)
Число статей в журналах, входящих в RSCI, n (%)	223 (43,5)	252 (28,2)
Средневзвешенный импакт-фактор журналов, в которых были опубликованы статьи	0,469	0,425
Число соавторов	2113	2295
Среднее число публикаций в расчете на 1 соавтора	0,24	0,39
Суммарное число цитирований публикаций	1690	4143
Среднее число цитирований в расчете на 1 статью	3,29	4,63
Среднее число цитирований в расчете на 1 соавтора	0,80	1,81
Число статей, процитированных хотя бы 1 раз, n (%)	357 (69,6)	652 (72,9)
Число самоцитирований (из статей этой же подборки), n (%)	511 (30,2)	390 (9,4)
Индекс Хирша	17	23

Таблица 2

Кластеры ведущих ключевых слов в статьях по ГДС по программе VOSviewer

Ключевое слово	Количество публикаций, n (%)	Общая сила связи, %
1-й кластер «Ксеноновая анестезия»		
Ксенон	132 (17,91)	13,39
Анестезия	23 (3,12)	2,89
Дети	11 (1,49)	2,10
Ксеноновая анестезия	24 (3,26)	1,30
Стоматология	5 (0,68)	1,30
ЭЭГ	12 (1,63)	1,30
Безопасность	6 (0,81)	1,23
Севофлуран	6 (0,81)	1,09
Ингаляционные анестетики	6 (0,81)	0,87
Обезболивание	7 (0,95)	0,87
Ингаляционная анестезия	10 (1,36)	0,8
Адсорбция	4 (0,54)	0,65
Общая анестезия	4 (0,54)	0,51
Седация	4 (0,54)	0,43
Офтальмохирургия	4 (0,54)	0,29
Сумма кластера	258 (35,01)	29,02
2-й кластер «Гипоксические тренировки»		
Гипоксия	41 (5,57)	3,99
Вариабельность сердечного ритма	14 (1,90)	2,18
Адаптация	14 (1,90)	1,88
Гипероксия	9 (1,22)	1,43
Работоспособность	8 (1,09)	1,36
Восстановление	8 (1,09)	1,20
Спортсмены	8 (1,09)	1,20
Физическая работоспособность	10 (1,36)	1,20
Функциональное состояние	12 (1,63)	1,20
Дыхательная система	5 (0,68)	1,05
Сердечно-сосудистая система	5 (0,68)	0,98
Водолаз	8 (1,09)	0,75
Гипоксическая тренировка	11 (1,49)	0,75
Внешнее дыхание	5 (0,68)	0,60
Артериальное давление	4 (0,54)	0,53
Декомпрессионная болезнь	5 (0,68)	0,53
Спортивная медицина	4 (0,54)	0,53
Сумма кластера	171 (23,20)	22,52
3-й кластер «Газовый состав в замкнутом пространстве»		
Кислород	19 (2,58)	4,78
Аргон	18 (2,44)	3,98
Криптон	10 (1,36)	2,75
Крысы	7 (0,95)	2,53
Потребление кислорода	6 (0,81)	2,46
Азот	6 (0,81)	2,39
Замкнутое пространство	4 (0,54)	1,88
Гипербария	6 (0,81)	1,23
Сумма кластера	76 (10,31)	22,00
4-й кластер «Кислородно-гелиевая смесь»		
Кислородно-гелиевая смесь	26 (3,53)	3,33
Гелий	27 (3,66)	3,26
Инертные газы	16 (2,17)	2,10
Гелиокс	11 (1,49)	1,59
Пневмония	6 (0,81)	1,09
Хроническая обструктивная болезнь легких	5 (0,68)	1,01
Морская медицина	11 (1,49)	0,94
Бронхиальная астма	6 (0,81)	0,87
Термическая кислородно-гелиевая смесь	10 (1,36)	0,87
Дыхательная недостаточность	4 (0,54)	0,72
Коронавирусная инфекция (COVID-19)	10 (1,36)	0,65
Сумма кластера	132 (17,91)	16,43

Окончание табл. 2

Ключевое слово	Количество публикаций, n (%)	Общая сила связи, %
5-й кластер «Влияние газовых смесей на нейропротекцию»		
Нейропротекция	15 (2,04)	2,03
Гиперкапния	5 (0,68)	0,72
Мозговой кровоток	4 (0,54)	0,65
Инсульт	4 (0,54)	0,58
Внутричерепное давление	4 (0,54)	0,43
Сумма кластера	32 (4,34)	4,41
6-й кластер «Кислородно-ксеноновая терапия при стрессе»		
Стресс	9 (1,22)	1,09
Реабилитация	8 (1,09)	0,72
Кислородно-ксеноновая терапия	5 (0,68)	0,58
Механизм действия	4 (0,54)	0,51
Озонотерапия	6 (0,81)	0,29
Малоновый диальдегид	4 (0,54)	0,22
Озон	4 (0,54)	0,22
Сумма кластера	40 (5,43)	3,62
7-й кластер «Низкопоточная анестезия»		
Низкопоточная анестезия	6 (0,81)	0,94
Гемодинамика	5 (0,68)	0,80
Анестезия у детей	6 (0,81)	0,72
Артериальная гипертензия	6 (0,81)	0,58
Закись азота	5 (0,68)	0,58
Сумма кластера	28 (3,80)	3,62
Итого	737 (100,0)	100,0

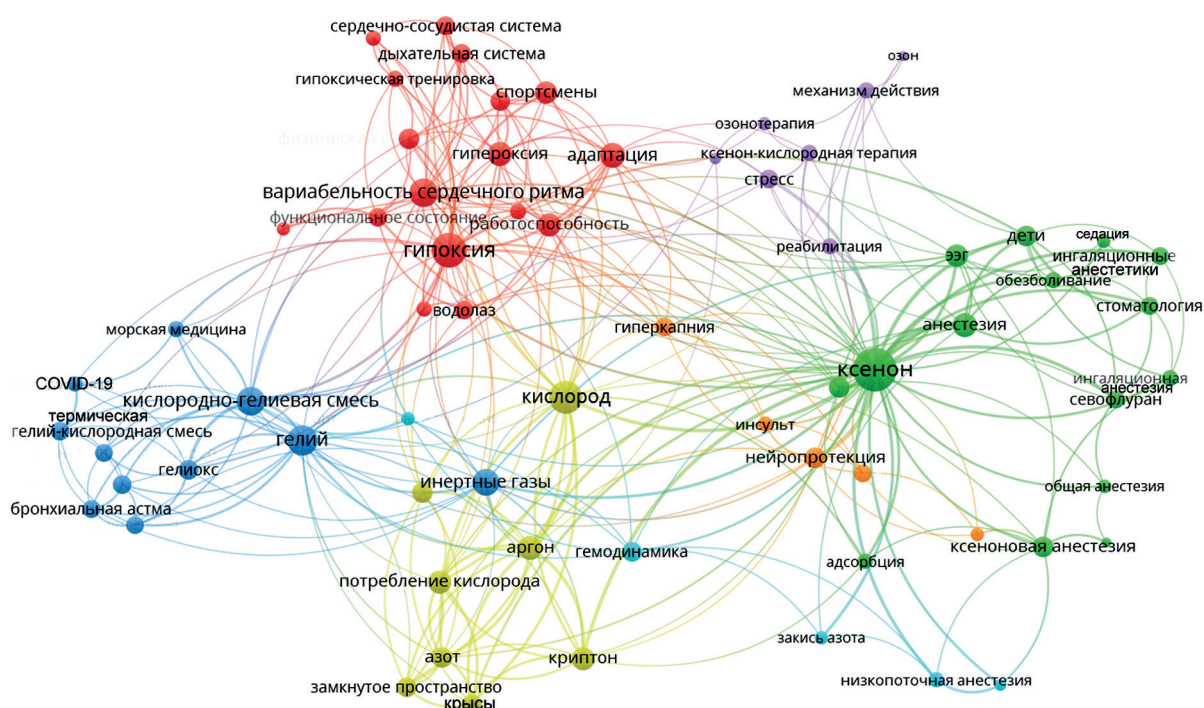


Рис. 4. Взаимосвязь ведущих ключевых слов в общем массиве статей (1-й кластер – зеленый цвет, 2-й – красный, 3-й – желтый, 4-й – синий, 5-й – оранжевый, 6-й – фиолетовый, 7-й – бирюзовый цвет).

1-й кластер получил название «Ксеноновая анестезия». Ключевые слова кластера присутствовали не менее чем в 258 (35 %) статьях общего массива с высокой общей силой связи (29 %). Слово ксенон было в 123 (17,9 %) статьях, ксеноновая анестезия – в 24 (3,3 %), анестезия – в 23 (3,1 %) статьях (см. табл. 2).

Ключевые слова ксенон и анестезия присутствовали вместе в 19 статьях, ксенон и ингаляционные анестетики – в 6, ксенон и дети – в 8, ксенон и стоматология – в 5, ксенон и севовфуран – в 6 статьях. Взаимосвязь ведущих ключевых слов в 1-м кластере статей показана на рис. 5.

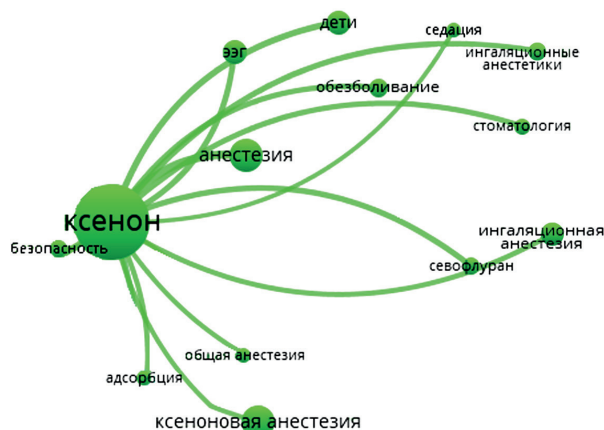


Рис. 5. Взаимосвязь ведущих ключевых слов в 1-м кластере статей.

Ксенон получают как побочный продукт производства жидкого кислорода на металлургических предприятиях. Образовавшийся жидкий кислород содержит небольшое количество примесей криптона и ксенона. Дальнейшая его ректификация создает 0,1–0,2% криптоно-ксеноновую смесь, которая отделяется адсорбированием на силикагель или дистилляцией. Ксенон используется в медицине [34, 45, 54], микроэлектронике, и значительный его объем идет для производства реактивного топлива. В 2021 г. рынок ксенона составил 15 млн/(л · год) и оценивался в 200 млн долларов США, но потребности превышали предложение, что увеличивало его цену. Чтобы покрыть потребности в ксеноне в промышленности и уменьшить его себестоимость, разрабатываются новые и модернизируются уже известные способы получения ксенона [15].

В качестве средства для ингаляционного наркоза ксенон был зарегистрирован в России в 1999 г. [Список лекарственных средств, разрешенных к медицинскому лекарственному применению: приказ Минздрава России № 363 от 08.10.1999 г.]. В механизме действия анестетиков ведущая роль отдается процессу адсорбции. Ксенон легко проникает через гематоэнцефалический барьер, быстро индуцирует наркоз, биохимически инертен, не обладает острой и хронической токсичностью, тератогенностью и эмбриотоксичностью, что способствовало введению данного газа в ряд «идеальных анестетиков» [10].

Ксеноновая анестезия часто используется в детской медицине, где безопасность детей является приоритетом [38]. Безопасность применения ксенона превосходит другие ингаляционные анестетики, такие как севослуран, который часто используется для ингаляционной анестезии [4].

Ксеноновая анестезия применяется для обеспечения седации процедур. Например, при использовании ксенона в стоматологии пациент чувствовал успокоение, у него исчезал панический страх, и уменьшалась боль. Пациент оставался в сознании, мог совершать некоторые действия, но чувствительность к событиям была снижена [46]. Анестезию и седацию ксеноном используют офтальмохирурги для выполнения деликатных и безопасных глазных операций [40].

Терапевтический эффект влияния ксеноновой анестезии был отслежен с помощью электроэнцефалографии и других методов регистрации [5, 20, 26].

Кислород-ксеновые дыхательные смеси в терапевтических концентрациях обладают способностью быстро и эффективно купировать стресс; имеют выраженные анальгетические, ноотропные, антидепрессантные свойства.

2-й кластер назван «Гипоксические тренировки». Во 2-м кластере оказались 173 (23,2%) статьи с общей силой связи 22,5% от всего массива. Ведущими ключевыми словами этого кластера были гипоксия – в 41 (5,6%) статье, вариабельность сердечного ритма и адаптация – по 14 (1,9%) статьях (см. табл. 2). Совместно ключевые слова гипоксия и адаптация оказались в 4 статьях, гипоксия и вариабельность сердечного ритма – в 3, гипоксия и физическая работоспособность – в 4, гипоксия и спортсмены – в 4 статьях. Взаимосвязь ведущих ключевых слов во 2-м кластере статей показана на рис. 6.

Гипоксия – недостаток кислорода, играет важную роль при тренировках спортсменов, особенно при подъеме на высоту. Кроме



Рис. 6. Взаимосвязь ключевых слов во 2-м кластере статей.

того, гипоксические состояния могут возникать у водолазов при погружениях на глубину. В спортивной и водолазной медицине активно изучают как гипоксия влияет на вариабельность сердечного ритма, который служит важным индикатором сердечно-сосудистой и дыхательной систем [22, 29].

У спортсменов и водолазов часто возникает необходимость адаптации к различным условиям окружающей среды, включая как гипоксические, так и гипероксические условия, что прямо влияет на их физическую работоспособность и эффективность восстановления. Гипоксическая тренировка, направленная на создание условий недостатка кислорода, тренирует организм справляться с недостатком кислорода и увеличивает его способность к более эффективному внешнему дыханию [23, 39].

Гипероксия, состоящая в повышенном уровне кислорода, также может быть полезна, улучшая процессы восстановления и увеличивая работоспособность, но требует осторожности, чтобы не сформировать в организме чрезмерных окислительных процессов [7].

Взаимосвязь между гипоксией и гипероксией, адаптацией организма, работоспособностью и восстановлением – важный аспект в исследованиях спортивной и водолазной медицины. Например, даже небольшие изменения в концентрации кислорода могут значительно влиять на физическую работоспособность, поэтому при освидетельствовании и отборе водолазов, работающих с гипероксическими смесями, рекомендуется использование пробы с возрастающей дозированной физической нагрузкой [16].

Курсы нормобарической интервальной гипоксической тренировки с успехом используются также при лечении заболеваний органов дыхания, например при хронической обструктивной болезни легких, хроническом бронхите и COVID-19 [11, 29].

В доступных статьях не выявлены исследования по применению ГДС для оптимизации функционального состояния организма пожарных. Учитывая специфику деятельности можно предположить, что при хронических стрессорных факторах низкой интенсивности у них могут развиваться напряжение функциональных резервов организма, физическое утомление и, возможно, даже легкая степень отравления угарным газом (оксид углерода, CO). Считается, что систематическое вдыхание небольших доз угарного газа может в достаточно короткие сроки (несколько недель) привести к ухуд-

шению состояния специалиста. Предполагаем, что в этом случае показано дыхание кислородом под повышенным давлением после смен работы так как гипербарическая оксигенация является методом выбора при лечении отравленных угарным газом, но объективные данные должны быть получены при проведении специальных исследований.

3-й кластер получил название «Газовый состав в замкнутом пространстве». Ключевые слова кластера содержались в 76 (10,3%) статьях изученного массива с общей силой связи в 22%. Термин кислород был в 19 (2,6%) статьях, аргон – в 18 (2,4%), криптон – в 10 (1,4%) (см. табл. 2). Ключевые слова кислород и крысы присутствовали вместе в 4 статьях, кислород, аргон и криптон – в 7 статьях. Взаимосвязь ведущих ключевых слов в 3-м кластере показана на рис. 7.

Проблемы обеспечения жизни человека в гермообъектах наземного базирования, обитаемых космических комплексах, подводных аппаратах и глубоководных водолазных комплексах остается предметом тщательных научных исследований. Изучение выживаемости в ограниченных пространствах при критической концентрации кислорода имеет не только практическое, но и фундаментальное значение для медицины. Для этих целей проводятся эксперименты над животными по потреблению кислорода с инертными газами. При замене азота в воздухе замкнутой камеры на аргон замедляется динамика потребления кислорода. Например, при гипербарии до 10 атмосфер в барокамере при дыхании кислородно-аргоновой смесью потребление кислорода уменьшалось в 2,3 раза, чем при дыхании воздухом. Выявлено, что аргон при повышении давления газов усиливает

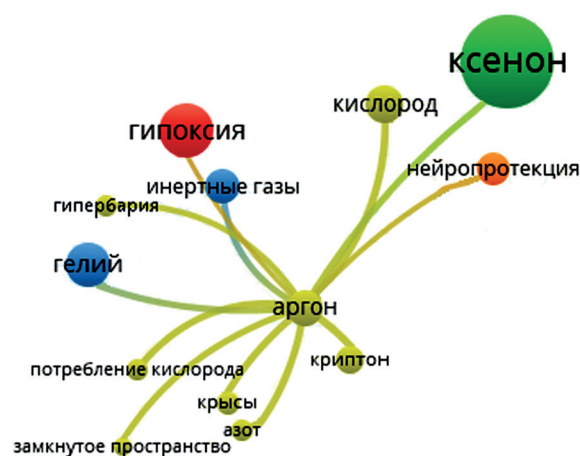


Рис. 7. Взаимосвязь ключевых слов в 3-м кластере статей.

свое анабиотическое действие [1]. В экспериментах с дыханием ГДС с аргоном, ксеноном и гелием установлено, что эти газы увеличивают время выживаемости в замкнутом пространстве, притом что наибольший эффект был при дыхании ГДС с криптоном [2].

При длительном пребывании водолазов под повышенным давлением на глубинах более 40 м (глубоководные насыщенные погружения) обычно используют кислородно-гелиевые или кислородно-азотно-гелиевые смеси, при этом установлена важность поддержания обоснованной величины парциального давления азота во всем диапазоне глубин, в том числе, для исключения возникновения у них декомпрессионной болезни, потенцированной противодиффузионным пересыщением организма индифферентными газами [37].

Изучение взаимосвязей между кислородом, аргоном, криптоном и азотом в замкнутом пространстве позволяет определять механизмы, обеспечивающие жизнь и здоровье в экстренных условиях, подчеркивая необходимость комплексного подхода к пониманию этих процессов.

Еще одной точкой приложения искусственных ГДС является баротерапия [24]. Это совокупность методов профилактики, лечения и реабилитации различных заболеваний локальным или общим однократным или периодическим воздействием на организм изменяемого общего барометрического давления и/или парциального давления биологически активных и индифферентных газов.

Наиболее известным и часто используемым методом является оксигенобаротерапия (гипербарическая оксигенация) – метод, включающий в себя дыхание сжатым кислородом под повышенным давлением в барокамере. При этом повышается парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе, артери-

альной крови, капиллярах и тканях организма. Практически сразу же основным переносчиком кислорода становится плазма крови, так как гемоглобин эритроцитов в этих условиях превращается в оксигемоглобин.

При этом методы баротерапии применяют не только для лечения пострадавших, но и для сохранения, повышения и восстановления профессиональной работоспособности. Под профессиональной работоспособностью понимают способность человека выполнять работу в заданных параметрах и восстанавливаться в период регламентированного отдыха. У специалистов, подвергающихся субэкстремальным и экстремальным воздействиям (подводники, водолазы, летчики, пожарные, спортсмены, спасатели), в процессе рабочего цикла могут развиваться чрезмерное напряжение (перенапряжение) функциональных резервов организма и, прежде всего, переутомление. Как правило, самостоятельного восстановления функционального состояния организма не происходит. Доказанным является использование в таких ситуациях гипербарической оксигенации в различных режимах, а в последние годы большой интерес исследователей вызывает применение кислородно-гелиевых дыхательных смесей (см. 4-й кластер).

4-й кластер назван «Кислородно-гелиевая смесь». Ключевые слова кластера содержались в 132 (17,9%) статьях с общей силой связи 16,4%. Наиболее значимыми были термины кислородно-гелиевая смесь – встречался в 26 (3,5%) статьях, гелий – в 27 (3,7%), инертные газы – в 16 (2,2%) (см. табл. 2). Взаимосвязь ведущих ключевых слов в 4-м кластере статей показана на рис. 8.

Суммарные запасы гелия на 01.01.2009 г. в углеводородных газах мира были 66,78 млрд/м³, в том числе, со значительным гелиосодержанием (с уровнем 0,15%) в 4 ре-



Рис. 8. Взаимосвязь ключевых слов в 4-м кластере статей.

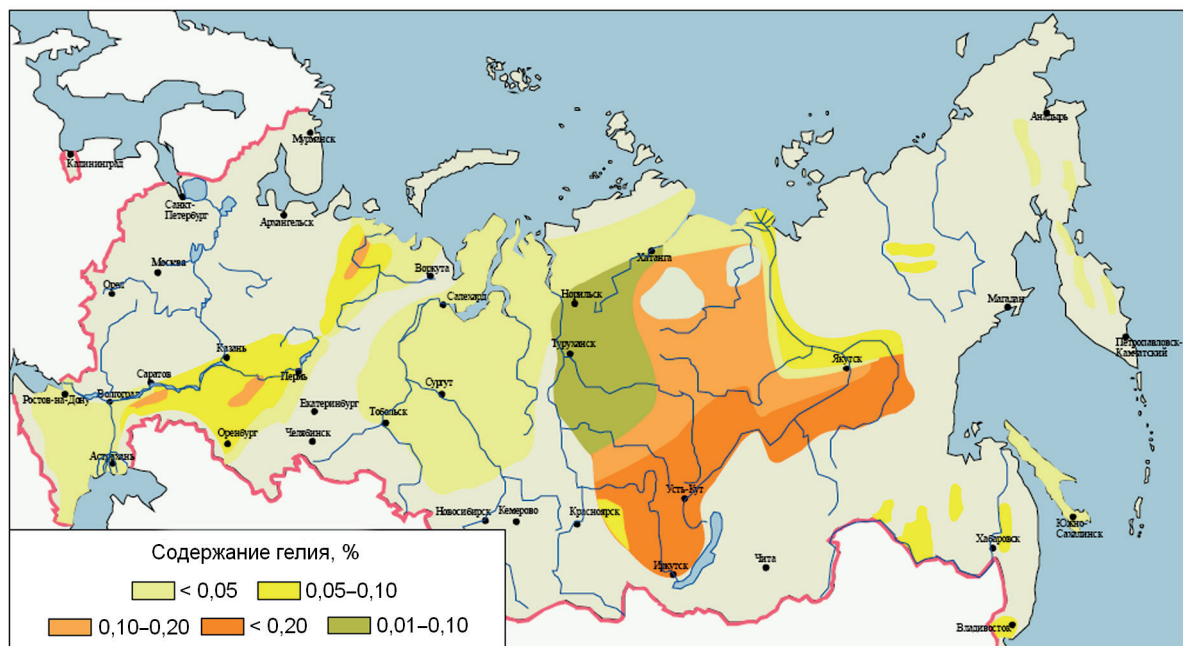


Рис. 9. Схема гелионосности нефтегазоносных бассейнов России [53].

гионах (Восточно-Европейский, Сибирский, Северо-Американский и Африканский) [53]. По мере открытия новых месторождений газа его количество увеличивается, а новые технологические приемы извлечения из них гелия уменьшают его стоимость. Схема гелионосности нефтегазоносных бассейнов России представлена на рис. 9.

Кислородно-гелиевая смесь, также известная как гелиокс, представляет собой комбинацию кислорода и гелия, где гелий, как инертный газ, играет ключевую роль в улучшении процессов дыхания. Эта смесь находит свое применение в медицине, особенно при лечении различных респираторных заболеваний, таких как пневмония, хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма и др. [25].

В последнее время применение кислородно-гелиевой смеси также стало актуальным в контексте лечения COVID-19, когда у пациентов возникают серьезные осложнения со стороны дыхательной системы [19, 52]. Благодаря своей низкой плотности гелий снижает сопротивление дыхательных путей, что позволяет улучшить вентиляцию легких и облегчить дыхание. Это особенно важно для пациентов с пневмонией или обострением хронической обструктивной болезни легких, где эффективность газообмена ограничена.

Использование термической кислородно-гелиевой смеси позволяет оптимизировать функциональное состояние организма специа-

листов экстремальных профессий. В условиях повышенного давления газовой и водной среды дыхание гелиоксом у подводников и дайверов снижает риск развития декомпрессионной болезни [17, 55]. Получены хорошие результаты при оказании помощи переохлажденным людям (за счет низкой плотности при дыхании подогретый гелий согревает организм изнутри, что более физиологично по сравнению с помещением переохлажденного человека в теплую комнату или в ванну, где, прежде всего, обогрываются поверхностные ткани).

Нельзя не упомянуть и негативное применение гелия при совершении суицидальных действий или токсикомании. Например, в государствах, где разрешена эвтаназия, число ежегодно погибающих от умышленных ингаляций гелия растет. Наиболее часто гелий для суицидов используют мужчины преимущественно молодого возраста с депрессией, социальным и материальным неблагополучием [18].

5-й кластер назван «Влияние газовых смесей на нейропротекцию». Термин нейропротекция содержался в 15 (2%) статьях общего массива (см. табл. 2). Ключевые слова кластера были в 32 (4,3%) статьях с общей силой связи 4,4%. Взаимосвязь ведущих ключевых слов в 5-м кластере статей показана на рис. 10.

Нейропротекция – стратегия, способствующая сохранению функции и структуры мозга от повреждений, вызванных различными факторами, такими как гипоксия, ишемия или трав-



Рис. 10. Взаимосвязь ключевых слов в 5-м кластере статей.



Рис. 11. Взаимосвязь ключевых слов в 6-м кластере статей.

ма. Влияние газовых смесей на нейропротекцию играет важную роль, поскольку их выбор для анестезии или оптимизации функционального состояния может значительно улучшить мозговой кровоток, который является критически важным для поддержания функций мозга.

В отечественных и зарубежных исследованиях убедительно показана нейропротекция при использовании инертных газов. Значительное количество работ посвящены влиянию ксенона на NMDA-рецепторы. Установлено, что он является антагонистом NMDA-рецепторов, подавляет гиперактивацию нейронов под воздействием возбуждающих аминокислот [10].

Полученные в экспериментальных исследованиях данные выявили нейропротективные свойства ксенона, которые позволяют инициировать его клинические испытания при тяжелой черепно-мозговой травме, ишемическом инсульте и субарахноидальном кровоизлиянии [12].

Указано также, что для эффективного использования нейропротекторного действия ксенона необходимы дальнейшие исследования – сочетания методов терапевтической гипотермии и ксенонотерапии у пациентов с гипоксически-ишемическим поражением мозга. Определение границ «терапевтического» окна при проведении ксеноновой нейропротекции может значительно изменить существующие протоколы лечения пациентов с поражением центральной нервной системы различного генеза [27].

6-й кластер получил название «Кислородно-ксеноновая терапия при стрессе». Ведущими терминами кластера являлись стресс – в 9 (1,2%) статьях, реабилитация – в 8 (1,1%), кислородно-ксеноновая терапия – в 5 (0,7%) статьях. Ключевые слова кластера были в 40 (5,4%) статьях общего массива с общей силой связи 3,6% (см. табл. 2). Взаимосвязь

ведущих ключевых слов в 6-м кластере статей показана на рис. 11.

Стресс является естественной реакцией организма на различные внутренние и внешние раздражители. Стресс высокой интенсивности (например боевой стресс) или хронические стрессорные воздействия могут сформировать психофизиологические или соматоформные расстройства, требующие реабилитации. В процессе реабилитации пациентов применяются различные методы, в том числе, такие как кислородно-ксеноновая терапия и озонотерапия [3, 9]. Считается, что антистрессорное воздействие на организм ксенон осуществляет через обратимую блокаду синаптической передачи медиаторов, возбуждающих клетки (NMDA-рецепторы), потенцирование эффектов тормозных медиаторов (глицин, гамма-аминомасляная кислота), блокаду высвобождения гормонов стресс-реализующих систем организма (адреналин, глюкокортикоиды), через изменение кровотока. Выраженная липофильность ксенона связана с мембранотропным действием, что также определяет некоторые адаптогенные свойствами ксенона [31, 32].

Кислородно-ксеноновая терапия, основанная на использовании ксенона, обладает анальгезирующими и нейропротекторными свойствами, что позволяет улучшить функциональное состояние пациентов, находящихся в стрессе, и повысить уровень адаптации организма [9, 10, 51].

Озонотерапия основана на использовании озона, который обладает сильными антиоксидантными свойствами [10]. Озон помогает снижать уровень малонового диальдегида – маркера окислительного стресса и повреждения клеточных мембран. Уменьшение содержания малонового диальдегида указывает на улучшение состояния клеток и, соответственно, на эффективность проводимой терапии.



Рис. 12. Взаимосвязь ключевых слов в 7-м кластере статей.

7-й кластер назван «Низкопоточная анестезия». В общей сложности ключевые слова кластера присутствовали в 28 (3,8 %) статьях общего массива с общей силой связи 3,6 % (см табл. 2). Взаимосвязь ведущих ключевых слов в 7-м кластере статей показана на рис. 12.

Низкопоточная анестезия представляет собой современный метод анестезии, который используется в различных клинических ситуациях, в том числе, при проведении операций у детей [4, 38]. Она основана на принципе поддержания низкого потока анестетика, что позволяет уменьшить количество ингалируемых газов и снизить риск побочных эффектов, особенно у подростков и детей, чья гемодинамика может быть более чувствительной к воздействию анестетиков.

Для этих целей часто используются ксеноновая анестезия и закись азота, применение которых обеспечивает комплексный подход к безопасному и эффективному проведению анестезии [6, 36].

Следует также остановиться на газовых смесях, которые не предназначены для дыхания, но используются в подростковой среде (так называемый сниффинг, англ. sniff – нюхать, вдыхать). Этот феномен – разновидность токсикомании, связанный с вдыханием паров бытового газа, состоящего из бутана, изобутана и пропана, из зажигалок и баллончиков для их заправки. Перечисленные газы не являются наркотическими веществами.

При вдыхании бытового газа уменьшается содержание кислорода в головном мозге, возникают гипоксия, токсическое опьянение (эйфория, иллюзии, галлюцинации и другие необычные ощущения, например, «перенесение в другое измерение»), продолжающееся от 30 с до 10 мин. Распространению сниффинга способствуют доступность приобретения средств, социальная среда и личностные особенности. При частом кислородном голо-

дании мозга у подростков могут ухудшаться когнитивные способности, при вдыхании газа в большом объеме – удушье, обморок, аритмия сердца, механическая асфиксия из-за рвоты, паралич дыхательного центра. Ежегодно от сниффинга бытовыми газами в России погибают несколько десятков детей в возрасте от 10 до 17 лет, в 2018 г. – 65, в 2019 г. – 60, в 2020 г. – 346, отмечается явная тенденция к росту смертей [21, 42]. Кроме того, при сниффинге с использованием бытовых газовых приборов в домах могут возникать взрывы, сопровождаемые пожаром [50].

Научные школы. Статьи массива по ГДС опубликовали 1105 авторов (число соавторов – 2113, см табл. 1). Авторы, которые издали лично или в соавторстве 8 статей и более, оказалось 22. На рис. 13 показаны ведущие научные школы, сотрудники которых исследуют проблемы применения ГДС:

- Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии (Москва) и Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва) – использование ксенона для анестезии у детей при плановых операциях и травмах, изучают его влияние на гемодинамику, антистрессовую активность, токсичность и безопасность по сравнению с применением севофлурана (В.Г. Амчеславский, В.Г. Багаев, М.В. Быков, В.И. Лукьянов и соавт.);

- Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования (Москва), Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва), Национальный медицинский исследовательский центр радиологии (Москва) и др. – технологии применения ксенона в анестезиологии, в том числе, в амбулаторной хирургии, влияние ксеноновой анестезии на гемодинамику у пациентов с гипертонической болезнью, коронарной недостаточностью, онкологических больных, выявление функциональных маркеров ксенона, аргона и криптона у животных после фотоиндуцированного ишемического инсульта, открытой черепно-мозговой травмы, использование ингаляций ксеноновых газовых смесей в медико-восстановительных мероприятиях у спортсменов высшего спортивного мастерства и врачей (Н.Е. Буров, О.А. Гребенчиков, И.В. Молчанов, Л.Л. Николаев, В.И. Потиевская, Ф.М. Шветский и соавт.);

- Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем (Москва), Центральный

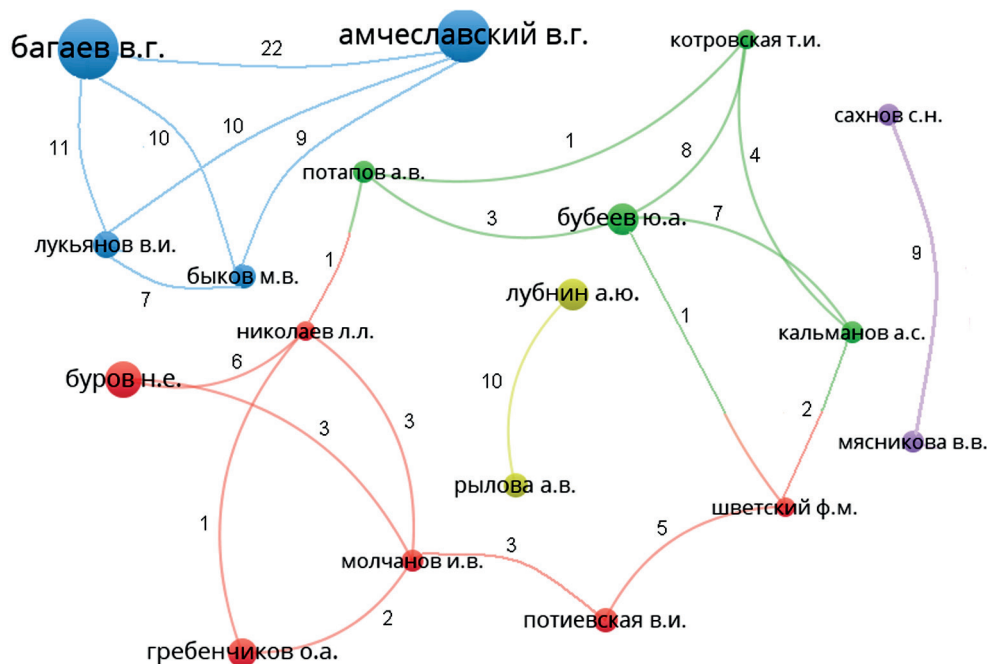


Рис. 13. Научные школы и совместные публикации авторов по проблемам ГДС
(диаметр цветного маркера зависит от количества опубликованных статей, цифры – число совместных статей).

научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Минобороны России (Москва) – специальные газовые смеси на основе ксенона для коррекции стресса смертельно опасных ситуаций, оптимизация функционального состояния организма водолазов и спортсменов высшего спортивного мастерства, альпинистов, летчиков, лечение некоторых психических расстройств, многочасовое пребывание человека в условиях гиперкапнии и нормокапнии совместно с нормоксией, гипоксией и гипероксией в закрытых пространствах, экспериментальное изучение маркеров воспалительной боли (В.Н. Ананьев, Ю.А. Бубеев, А.С. Кальманов, Т.И. Котровская, А.В. Потапов, И.Б. Ушаков и соавт.);

- Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко (Москва) – выбор оптимального анестезиологического пособия для нейрохирургических операций, проводимых с интраоперационным нейрофизиологическим мониторингом, влияние ксенона на мозговой кровоток у нейрохирургических пациентов, возможности проведения краниотомии в сознании (А.В. Рылова, А.Ю. Лубнин и соавт.);

- Кубанский государственный медицинский университет (г. Краснодар) – проведение анестезиологических пособий с использованием ксенона в офтальмохирургии, в том числе, BIS-мониторингу для контроля глубины анестезии и седации, удовлетворенность пациен-

тов анестезией при проведении лазерной коррекции зрения, сравнение гемодинамических реакций в условиях ингаляционной анестезии севофлураном и ксеноном при офтальмологических операциях (В.В. Мясникова, С.Н. Сахнов и соавт.).

Заключение

В Российском индексе научного цитирования с 2006 по 2023 г. изучили 513 отечественных статей, посвященных влиянию газовых дыхательных смесей в экстремальной медицине. Среднегодовое количество статей было (29 ± 3) . Отмечалась динамика увеличения статей. Проведенный наукометрический анализ показал высокую востребованность содержания статей у пользователей, например, среднее число цитирований в расчете на 1 статью было 3,29, притом что уровень самоцитирования статей оказался достаточно значительным – 30,2%. Выявлены журналы, опубликовавшие наибольшее количество статей, и ведущие научные школы.

Ключевые слова в статьях при помощи программы VOSviewer сгруппировались в 7 кластеров: 1-й кластер, названный «Ксеноновая анестезия», представлял 258 (35 %) статей с общей силой связи 29 % в массиве, 2-й – «Гипоксические тренировки» – 171 (23,2 %) и 22,5 % соответственно, 3-й – «Газовый состав в замкнутом пространстве» – 76 (10,3) и 22 %, 4-й – «Кислород-

но-гелиевая смесь» – 132 (17,9%) и 16,4%, 5-й – «Влияние газовых смесей на нейропротекцию» – 32 (4,3%) и 3,6%, 6-й – «Кислородно-ксеноновая терапии при стрессе» – 40 (5,4%) и 3,6%, 7-й – «Низкопоточная анестезия» – 28 (3,8%) и 3,6% соответственно.

Изучение публикаций может способствовать повышению информационной поддержки научных исследований по экстремальной ме-

дицине, оптимизации функционального состояния организма и работоспособности, в том числе, у специалистов, профессиональная деятельность которых проходит в субэкстремальных и экстремальных условиях. Научная электронная библиотека создает большие возможности для пользователей, в изученном массиве было представлено 72,1% бесплатных полнотекстовых статей.

Литература

1. Ананьев В.Н. Гипобиотическое действие инертного газа аргона на величину поглощения кислорода в барокамере у крыс при нормобарии и гипербарии // Науч. альманах. 2019. № 5-2 (55). С. 128–132.
2. Ананьев В.Н. Механизмы гипобиоза при дыхании газовыми смесями с аргоном, криптоном и ксеноном // Современ. пробл. науки и образования [Электронный ресурс]. 2015. № 4. С. 452. URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34089072>.
3. Афанасов М.А., Затравкина Е.И. Повышение точности измерения озона в озono-кислородной смеси // Надежность и качество : тр. междунар. симпоз. Пенза, 2023. Т. 1. С. 467–469.
4. Багаев В.Г., Арсеньева Е.Н., Лукьянов В.И. [и др.]. Изучение нейротоксичности и нейропротективных свойств севофлурана и ксенона при анестезиях у детей // Лечение и профилактика. 2015. № 1 (13). С. 22–26.
5. Багаев В.Г., Лукьянов В.И., Давыдов М.Ю. [и др.]. Оценка глубины седации с помощью BIS-мониторинга при анестезии ксеноном у детей // Мед. алфавит. 2014. Т. 1, № 5. С. 29–32.
6. Белов А.В., Сокологорский С.В., Шифман Е.М. Сравнительный анализ гемодинамики и транспорта кислорода при анестезии ксеноном и закисью азота в эндоскопической гинекологии // Анестезиология и реаниматология. 2010. № 6. С. 25–29.
7. Березовский В.А., Янко Р.В., Чака Е.Г. [и др.]. Состояние респираторного отдела легких крыс после воздействия гипероксических газовых смесей // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2014. Т. 100, № 1. С. 45–53.
8. Биткина О.А., Копытова Т.В., Конторщикова К.Н., Баврина А.П. Уровень окислительного стресса у больных розацеа и обоснование терапевтического применения озono-кислородной смеси // Клинич. лаб. диагностика. 2010. № 4. С. 13–16.
9. Бубеев Ю.А., Потапов А.В., Иванов А.В. Методические особенности применения инертного газа ксенона с целью коррекции стрессорных расстройств у лиц опасных профессий // Авиакосм. и экол. медицина. 2022. Т. 56, № 3. С. 66–70. DOI: 10.21687/0233-528X-2022-56-3-66-70.
10. Бубнова И.Д., Герасимова Ю.Ю., Ермаков М.А. [и др.]. Сравнительная оценка нейропротективных эффектов субнаркологических и наркотических концентраций медицинского ксенона // Урал. мед. журн. 2017. № 5 (149). С. 109–113.
11. Воловец С.А., Цыганова Т.Н., Бадалов Н.Г. Эффективность гипо-гипероксических тренировок в медицинской реабилитации пациентов, перенёсших COVID-19 // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2022. Т. 21, № 1. С. 35–46. DOI: 10.17816/rjpbr109501.
12. Гребенчиков О.А., Молчанов И.В., Шпичко А.И. [и др.]. Нейропротективные свойства ксенона по данным экспериментальных исследований // Неотложная мед. помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. 2020. Т. 9, № 1. С. 85–95. DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-1-8.
13. Евдокимов В.И., Зверев Д.П., Мосягин И.Г., Плужник М.С. Анализ направлений научных исследований в зарубежных статьях по подводной медицине с использованием программы VOSviewer // Морская медицина. 2024. Т. 10, № 1. С. 84–98. DOI: 10.22328/2413-5747-2024-10-1-84-98.
14. Евдокимов В.И., Шамрей В.К., Плужник М.С. Развитие направлений научных исследований по боевому стрессу в отечественных статьях с использованием программы VOSviewer (2005–2021 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2023. № 2. С. 99–116. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-2-99-116.
15. Жмакин В.В., Маркова С.Ю., Тепляков В.В., Шалыгин М.Г. Перспектива полимерных мембран для рекуперации ксенона из сбросных медицинских газовых смесей // Мембраны и мембран. технологии. 2023. Т. 13, № 2. С. 128–136. DOI: 10.31857/S2218117223020086.
16. Зверев Д.П., Мясников А.А., Ибрафиллов З.М. [и др.]. Влияние дыхания газовыми смесями с повышенным парциальным давлением кислорода на состояние функций организма водолаза // Воен.-мед. журн. 2023. Т. 344, № 4. С. 55–62. DOI: 10.52424/00269050_2023_344_4_55.
17. Зверев Д.П., Хаустов А.Б., Рыжилов Д.В., Мясников А.А. Опыт медицинского обеспечения автономных водолазных спусков в снаряжении открытого и замкнутого типа с использованием дыхательных газовых смесей, дифференцированных по значениям кислорода и гелия // Изв. Рос. воен.-мед. акад. 2021. Т. 40, № S2. С. 92–95.

18. Зотов П.Б., Скрябин Е.Г., Рейхерт Л.И. [и др.]. Гелий среди средств суицидальных действий. Суицидология. 2022. Т. 13, № 2. С. 92–116. DOI: 10.32878/suiciderus.22-13-02(47)-92-116.
19. Ивченко Е.В., Котив Б.Н., Овчинников Д.В., Буценко С.А. Результаты работы Научно-исследовательского института проблем новой коронавирусной инфекции Военно-медицинской академии за 2020–2021 гг. // Вестн. Рос. Воен.-мед. акад. 2021. Т. 23, № 4. С. 93–104. DOI: 10.17816/brmma83094.
20. Игошина Т.В., Счастливец Д.В., Котровская Т.И., Бубеев Ю.А. Динамика ЭЭГ-паттернов при коррекции стресс реакций методом ингаляции ксенона // Вестн. восстановит. медицины. 2017. № 1 (77). С. 116–121.
21. Климова О.М. Сниффинг несовершеннолетних как новая общественно-социальная проблема // Научный поиск курсантов: сб. материалов междунар. науч. конф. Могилев, 2022. С. 96–97.
22. Кривошеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э. Индивидуальные особенности внешнего дыхания при прерывистой нормобарической гипоксии // Физиол. человека. 2006. Т. 32, № 3. С. 62–69.
23. Крыжановская С.Ю., Дудник Е.Н., Запара М.А. [и др.]. Процедуры гипоксического кондиционирования не приводят к чрезмерной активации оксидативного стресса у практически здоровых обследуемых // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2019. Т. 105, № 1. С. 89–99. DOI: 10.1134/S0869813919010047.
24. Кулешов В.И., Мясников А.А., Чернов В.И. [и др.]. Баротерапия в военной медицине // Воен.-мед. журн. 2016. Т. 377, № 10. С. 52–62.
25. Лахин Р.Е., Шаповалов П.А., Щёголев А.В. [и др.]. Эффективность использования кислородно-гелиевой смеси в интенсивной терапии пневмоний у взрослых пациентов: систематический обзор и метаанализ // Вестн. интенсивной терапии им. А. И. Салтанова. 2022. № 2. С. 52–69. DOI: 10.21320/1818-474X-2022-2-52-69.
26. Лисиченко И.А., Гусаров В.Г., Теплых Б.А. [и др.]. Количественная оценка эффекта амнезии и глубины угнетения сознания при терапевтической ингаляции ксенон-кислородной смеси // Вестн. анестезиологии и реаниматологии. 2022. Т. 19, № 5. С. 19–27. DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19.
27. Марченко Л.Ю., Сигалева Е.Э., Мацнев Э.И., Аникеев Д.А. Современные представления о механизмах действия и клиническом применении ингаляций ксенона в целях нейропротекции // Авиакосм. и экол. медицина. 2020. Т. 54, № 2. С. 22–29. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-2-22-29.
28. Мирошниченко Ю.В., Щёголев А.В., Еникеева Р.А., Грачев И.Н. Выявление номенклатуры газов для применения в медицинских целях и обоснование предложений по регулированию их обращения // Воен.-мед. журн. 2018. Т. 339, № 12. С. 46–54.
29. Михалев В.И., Реуцкая Е.А., Корягина Ю.В. Влияние кислородно-воздушной смеси с содержанием кислорода 93 % на вариабельность сердечного ритма и систему внешнего дыхания спортсменов // Теория и практика физ. культуры. 2012. № 11. С. 012–015.
30. Мясникова В.В., Сахнов С.Н., Романов А.В. Цитопротективное действие ксенона // Современ. пробл. науки и образования [Электронный ресурс]. 2023. № 1. С. 96 (14 с.). DOI: 10.17513/spno.32446.
31. Назаров Е.И. Адаптационный подход к объяснению терапевтического действия озона, ксенона и водорода // Вестн. физиотерапии и курортологии. 2019. Т. 25, № 3. С. 9–33.
32. Назаров Е.И., Вонгай В.Г., Глухенькая Т.А. Озоно-ксеноновая коррекция стресса // Мед. альманах. 2013. № 3 (27). С. 189–192.
33. Петров В.А., Иванов А.О., Киндзерский А.В., Майоров И.В. Лечебные дыхательные смеси газов для поддержания жизнеспособности раненых с большой кровопотерей в условиях переохлаждения и способ их применения : патент на изобретение 2779951 Рос. Федерация МПК А61М 16/10, А61М 16/12. Заявка № 2020136163 от 02.11.2020, опубл. 15.09.2022, Бюл. 26.
34. Потапов А.В. Современная ингаляционная аппаратура для противоболевой терапии инертным газом ксеноном // Мед. техника. 2021. № 6 (330). С. 42–44.
35. Потиевская В.И., Шветский Ф.М., Сидоров Д.В. [и др.]. Оценка влияния ксенона на интенсивность послеоперационного болевого синдрома у онкологических пациентов: рандомизированное исследование // Вестн. интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2021. № 3. С. 140–148. DOI: 10.21320/1818-474X-2021-3-140-150.
36. Ращупкин А.Б., Буров Н.Е. Низкопоточная ксеноновая анестезия у хирургических больных с гипертонической болезнью // Анестезиология и реаниматология. 2011. № 2. С. 4–7.
37. Реймов Д.В., Мотасов Г.П., Алпатов В.Н. О необходимости контроля парциального давления азота в кислородно-азотно-гелиевой среде барокомплекса и коррекции его величины в условиях насыщенных погружений // Морская медицина. 2015. Т. 1, № 1. С. 63–66.
38. Сабина Т.С., Багаев В.Г., Алексеев И.Ф. Перспективы применения лечебных свойств ксенона в педиатрии // Педиатр. фармакология. 2018. Т. 15, № 5. С. 390–395. DOI: 10.15690/pf.v15i5.1961.
39. Самойлов В.О., Максимов А.Л., Филиппова Е.Б. [и др.]. Влияние интервальных гипоксических тренировок на функциональное состояние человека в условиях гипоксической гипоксии // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. 2014. № 4 (48). С. 158–163.
40. Сахнов С.Н., Мясникова В.В., Дереза С.В. [и др.]. Периоперационное ведение пациентов пожилого возраста в офтальмохирургии // Таврический мед.-биол. вестн. 2019. Т. 22, № 3. С. 93–100.

41. Сергеев А.А. Отечественная литература по авиационной, высокогорной и космической биологии и медицине : библиография / Акад. наук СССР, Науч. совет по спец. и прикл. физиологии. Ленинград: На- ука. Ленингр. отд., 1969. [Вып. 1]. 190 с.; 1974. Вып. 2. 177 с.; 1980. Вып. 3. 156 с.
42. Стёпина И.В., Завьялова А.А. Техничко-криминалистическое обеспечение мероприятий по про- тиводействию подростковой токсикомании [Электронный ресурс] // NovalInfo. 2021. № 124 С. 1–2. URL: <https://novainfo.ru/article/18419>.
43. Ушаков И.Б., Кальманов А.С., Бубеев Ю.А. Перспективы применения специальных газовых смесей на основе ксенона для коррекции стресса смертельно опасных ситуаций // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2023. № 1. С. 59–67. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-1-59-67.
44. Ушаков И.Б., Пятибрат А.О. Перспективы использования ксенона для коррекции и реабилитации функционального состояния у лиц экстремальных профессий // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. без- опасности в чрезв. ситуациях. 2022. № 4. С. 40–54. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-4-40-54.
45. Хадарцев А.А., Токарев А.Р., Валентинов Б.Г. Ксенон в медицинских технологиях (обзор литерату- ры) // Вестн. нов. мед. технологий. Электрон. изд. 2022. Т. 16, № 4. С. 141–149. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-4-3-8.
46. Халиуллин Д.М. Ингаляционная анестезия ксеноном в амбулаторной стоматологии у детей : авто- реф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2020. 24 с.
47. Холматова К.К., Гржибовский А.М. Панельные исследования и исследования тренда в медицине и общественном здравоохранении // Экология человека. 2016. № 10. С. 57–63. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-9-57-64.
48. Худяков А.Н., Соломина О.Н., Зайцева О.О., Полежаева Т.В. Традиционные и новые подходы к ис- пользованию ксенона в биологии и медицине // Успехи современ. биологии. 2017. Т. 137, № 2. С. 195–206.
49. Цыганова Т.Н. Автоматизированный анализ эффективности и механизмы действия нормобариче- ской интервальной гипоксической тренировки в восстановительной коррекции функциональных резер- вов организма : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2004. 48 с.
50. Чинбат Алтангэрэл, Тумановский А.А., Ивахнюк С.Г. Токсикомания (сниффинг) как обстоятельство, определяющее техническую причину взрывов газовоздушных смесей (на примере Монголии) // Пробл. упр. рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 32–38.
51. Шветский Ф.М., Потиевская В.И., Смольников П.В., Чижов А.Я. Коррекция функционального со- стояния врачей анестезиологов-реаниматологов ингаляциями ксенона // Вестн. Рос. ун-та дружбы на- родов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2016. № 4. С. 96–104.
52. Шогенова Л.В., Варфоломеев С.Д., Быков В.И. [и др.]. Влияние термической гелий-кисло- родной смеси на вирусную нагрузку при COVID-19 // Пульмонология. 2020. Т. 30, № 5. С. 533–543. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-533-543.
53. Якуцени В.П. Сырьевая база гелия в мире и перспективы развития гелиевой промышленности // Нефтегазовая геология. Теория и практика [Электронный ресурс]. 2009. Т. 4, № 2. 24 с. URL: www.ngtp.ru/3/15_2009.pdf.
54. Ярыгин Н.В., Шомина Е.А. Применение ксенона в медицинской практике (обзор литературы) // Прак. медицина. 2022. Т. 20, № 4. С. 171–176. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-4-171-176.
55. Яхонтов Б.О. Физиологическая стратегия формирования состава водолазных дыхательных сме- сей // Междунар. журн. прикладных и фундамент. исслед. 2021. № 7. С. 34–40. DOI: 10.17513/mjpf.13245.
56. Van Eck N.J., Waltman L. Manual for VOSviewer version 1.6.19 / Leiden Universiteit. 2023. 54 p. URL: https://www.aidi-ahmi.com/download/Manual_VOSviewer_1.6.19.pdf.
57. Van Eck N.J., Waltman L. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping // Scientometrics. 2010. Vol. 84, N 22. P. 523–538. DOI: 10.1007/s11192-009-0146-3.

Поступила 06.09.2024 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи, и выражают благодарность М.С. Плужнику (Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург) за по- мощь в проведении кластерного анализа ключевых слов массива статей по программе VOSviewer.

Участие авторов: В.И. Евдокимов – анализ содержания кластеров, подготовка иллюстраций и списка литерату- ры, написание первого варианта статьи; С.С. Алексанин, В.Ю. Рыбников – методология и концепция исследования, редактирование окончательного варианта статьи; А.А. Мясников – подготовка списка литературы, редактирование окончательного варианта статьи; В.А. Глухов – создание массива ключевых слов, наукометрический анализ статей.

Для цитирования: Евдокимов В.И., Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Мясников А.А., Глухов В.А. Наукометриче- ский анализ статей по применению газовых дыхательных смесей в экстремальной медицине // Меди- ко-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2023. № 3. С. 104–123. DOI: 10.25016/2541-7487-2024-0-3-104-123.

Scientometric analysis of articles of respiratory gas mixtures and their application in emergency medicine

Evdokimov V.I.^{1,2}, Aleksanin S.S.¹, Rybnikov V.Ju¹, Myasnikov A.A.², Glukhov V.F.³

¹ Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, Russia);

² Kirov Military Medical Academy (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, Russia);

³ Scientific Electronic Library (eLIBRARY.RU) (14A, Nauchnyi proezd, Moscow, 117246, Russia)

✉ Vladimir Ivanovich Evdokimov – Dr. Med. Sci. Prof., Principal Research Associate, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia); Lecturer, Department of Psychiatry, Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Sergey Sergeevich Aleksanin – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member, Russian Academy of Sciences. Director, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0001-6998-1669, e-mail: medicine@nrcerm.ru;

Viktor Yur'evich Rybnikov – Dr. Med. Sci., Dr. Psychol. Sci. Prof., Deputy Director (Science and Education, Emergency Medicine) of The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0001-5527-9342 e-mail: medicine@nrcerm.ru;

Alexey Anatol'evich Myasnikov – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-7427-0885, e-mail: a_mjasnikov@mail.ru;

Glukhov Viktor Alekseevich – PhD Techn. Sci., Deputy Director, Scientific Electronic Library (eLIBRARY.RU) (14A, Nauchnyi proezd, Moscow, 117246, Russia), e-mail: Olunid@elibrary.ru

Abstract

Relevance. In humans, specific respiratory gas mixtures (RGMs) significantly maximize the effect of anesthesia and treatment of certain diseases, as well as enhance body functional reserves and exercise performance.

The objective is to identify major research prospects on the RGM capacity to optimize the functional status of humans, as represented in publications by Russian investigators.

Methods. In response to the RGMs query, the Scientific Electronic Library search engine generated a dataset of 513 publications by Russian investigators, published from 2006 to 2023. For further analysis of the publications, the VOSviewer 1.6.20 software was implemented for clustering of keywords with a frequency of ≥ 4 presented in ≥ 8 publications either by individual authors or co-authorship networks.

Results and discussion. The average annual number of articles was (23 ± 3) . The dynamics of increasing publications were revealed. The scientometric analysis of the selected publications revealed that the content was highly demanded among readers. For instance, the average citation number per paper was 3.29, with a substantial self-citation rate of 30.2 %. Journals with the largest number of publications by top scientific networks were identified. The VOSviewer analysis produced 7 keyword clusters: Cluster 1 for xenon anesthesia – 258 papers (35 %) with the total link strength of 29 %; Cluster 2 for hypoxic training – 171 papers (23.2%) with the total link strength of 22.5 %; Cluster 3 for gas composition in confined spaces – 76 papers (10.3 %) and 22 % total link strength; Cluster 4 for oxygen-helium gas mixture – 132 papers (17.9 %) with 16.4 % total link strength; Cluster 5 for the neuroprotective effects of gas mixtures – 32 papers (4.3 %) with 3.6 % total link strength; Cluster 6 for the anti-stress effect of xenon-rich inhalation therapy – 40 papers (5.4 %) with 3.6 % total link strength; Cluster 7 for low-flow anesthesia – 28 papers (3.8 %) with 3.6 % total link strength.

Conclusion. Scientometric studies can enhance the data support for scientific research of advanced strategies to optimize human functional status and increasing performance at work for professionals operating in extreme occupational environments.

Keywords: respiratory gas mixtures, functional status, performance at work, extreme occupational environments, research paper, research network, scientometric analysis, VOSviewer software.

References

1. Anan'ev V.N. Gipobioticheskoe dejstvie inertnogo gaza argona na velichinu pogloshheniya kisloroda v barokamere u krysa pri normobarii i giperbarii [Hypobiosis when the effect of argon gas on the magnitude of the absorption of oxygen into the chamber in rats with normobaric and hyperbaric conditions]. *Nauchnyj al'manah* [Scientific almanac]. 2019; (5-2):128–132. (In Russ.).
2. Anan'ev V.N. Mehanizmy gipobioza pri dyhanii gazovymi smesjami s argonom, kriptonom i ksenonom [Mechanisms hibernation while breathing gas mixtures with argon, krypton and xenon]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2015; (4):Art452. (in Russ.).
3. Afanasov M.A., Zatravkina E.I. Povyshenie tochnosti izmereniya ozona v ozono-kislorodnoj smesi [Increasing the accuracy of ozone measurement in ozone-oxygen mixture]. *Nadezhnost' i kachestvo* [Reliability and quality: Scientific. Conf. Proceedings]. Penza. 2023; 1:467–469. (in Russ.).
4. Bagaev V.G., Arsen'yeva E.N., Luk'yanov V.I. [et al.]. Izuchenie nejrotoksichnosti i nejroprotektivnykh svoystv sevoflurana i ksenona pri anesteziyah u detej [The study of neuro-toxicity under application of modern anesthesia agents]. *Lechenie i profilaktika* [Treatment and prevention]. 2015; (1):22–26. (in Russ.).
5. Bagaev V.G., Luk'yanov V.I., Davydov M.Ju. [et al.]. Ocenka glubiny sedacii s pomoshh'ju BIS-monitoringa pri anestezii ksenonom u detej [Assessment of sedation depth using BIS-monitoring for xenon anaesthesia in children]. *Meditsinskij alfavit* [Medical alphabet]. 2014; 1(5):29–32. (in Russ.).

6. Belov A.V., Sokologorskiy S.V., Shifman E.M. Sravnitel'nyj analiz gemodinamiki i transporta kisloroda pri anestezii ksenonom i zakis'ju azota v jendoskopicheskoj ginekologii [A comparative analysis of haemodynamics and oxygen transport during xenon and nitrous oxide anaesthesia in endoscopic surgery in gynaecology]. *Anesteziologija i reanimatologija* [Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology]. 2010; (6):25–29. (In Russ.)
7. Berezovsky V.A., Yanko R.V., Chaka E.G. [et al.]. Sostojanie respiratornogo otdela legkih krysa posle vozdejstviya giperoksicheskikh gazovykh smesey [The influence of hyperoxic gas mixture on the respiratory part of the lungs in rats]. *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova* [Russian journal of physiology]. 2014; 100(1):45–53. (In Russ.)
8. Bitkina O.A., Kopytova T.V., Kontorshnikova K.N., Bavrina A.P. Uroven' oksidativnogo stressa u bol'nykh rozacea i obosnovanie terapevтического применения озono-kislorodnoy smesi [Oxidative stress level in patients with rosacea and a rationale for the therapeutic use of an ozone-oxygen mixture]. *Klinicheskaja laboratornaja diagnostika* [Clinical laboratory diagnostics]. 2010; (4):13–16. (In Russ.)
9. Bubeev Ju.A., Potapov A.V., Ivanov A.V. Metodicheskie osobennosti primeneniya inertnogo gaza ksenona s cel'ju korrekcii stressornykh rasstrojstv u lic opasnykh professij [Specific features of the method of using noble gas xenon with the purpose to correct stress-induced disorders in people of dangerous occupations]. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina* [Aerospace and Environmental Medicine]. 2022; 56(3):66–70. DOI: 10.21687/0233-528X-2022-56-3-66-70. (In Russ.)
10. Bubnova I.D., Gerasimova Y.Y., Ermakov M.A. [et al.]. Sravnitel'naja ocenka nejroprotektivnykh jeffektov subnarkoticheskikh i narkoticheskikh koncentracij medicinskogo ksenona [Comparative evaluation of the neuroprotective effects subarctic and drug concentrations medical xenon]. *Ural'skij medicinskij zhurnal* [Ural Medical Journal]. 2017; (5):109–113. (In Russ.)
11. Volovets S.A., Tsyganova T.N., Badalov N.G. Jefferektivnost' gipo-giperoksicheskikh trenirovok v medicinskoj reabilitacii pacientov, perenosivshih COVID-19 [The effectiveness of hypo-hyperoxic training in the medical rehabilitation of patients who have undergone COVID-19]. *Fizioterapija, bal'neologija i reabilitacija* [Russian journal of physiotherapy, balneology and rehabilitation]. 2022; 21(1):35–46. DOI: 10.17816/rjpb109501. (In Russ.)
12. Grebenchikov O.A., Molchanov I.V., Shpichko A.I. [et al.]. Nejroprotektivnye svojstva ksenona po dannym jeksperimental'nykh issledovanij [Neuroprotective properties of xenon according to experimental studies]. *Neotlozhnaja medicinskaja pomoshh'. Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo* [Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care]. 2020; 9(1):85–95. DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-1-8. (In Russ.)
13. Evdokimov V.I., Zverev D.P., Mosyagin I.G., Pluzhnik M.S. Analiz napravlenij nauchnykh issledovanij v zarubezhnykh stat'jah po podvodnoj medicinskoj s ispol'zovaniem programmy VOSviewer [Analysis of directions of scientific research in foreign articles on submarine medicine using the VOSviewer software]. *Morskaja medicina* [Marine medicine]. 2024; 10(1):84–98. DOI: 10.22328/2413-5747-2024-10-1-84-98. (In Russ.)
14. Evdokimov V.I., Shamrey V.K., Pluzhnik M.S. Razvitie napravlenij nauchnykh issledovanij po boevomu stressu v otechestvennykh stat'jah s ispol'zovaniem programmy VOSviewer (2005–2021 gg.) [Combat stress research prospects in russian academic publications analyzed using the vosviewer software (2005–2021)]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situacijah* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2023; (2):99–116. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-2-99-116. (In Russ.)
15. Zhmakin V.V., Markova S.Yu., Teplyakov V.V., Shalygin M.G. Perspektiva polimernykh membran dlja rekuperacii ksenona iz sbrosnykh medicinskih gazovykh smesey [The potential of polymer membranes for recovery of xenon from medical waste gas mixtures]. *Membrany i membrannye tehnologii* [Membranes and Membrane Technologies]. 2023; 13(21):28–136. DOI: 10.31857/S2218117223020086. (In Russ.)
16. Zverev D.P., Myasnikov A.A., Israilov Z.M. [et al.]. Vlijanie dyhanija gazovymi smesjami s povyshennym parcial'nym davleniem kisloroda na sostojanie funkcij organizma vodolaza [Influence of breathing gas mixtures with increased partial pressure of oxygen on the state of the diver's body functions]. *Voenno-meditsinskij zhurnal* [Military medical journal]. 2023; 344(4):55–62. DOI: 10.52424/00269050_2023_344_4_55. (In Russ.)
17. Zverev D.P., Haustov A.B., Ryzilov D.V., Myasnikov A.A. Opyt medicinskogo obespecheniya avtonomnykh vodolaznykh spuskov v snarjazenii otkrytogo i zamknutogo tipa s ispol'zovaniem dyhatel'nykh gazovykh smesey, differencirovannykh po znachenijam kisloroda i gelija [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]. *Izvestija Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii* [Izvestia of the Russian military medical academy]. 2021; 40(S2):92–95. (In Russ.)
18. Zotov P.B., Skryabin E.G., Reikher L.I. [et al.]. Gelij sredi sredstv suicidal'nykh dejstvij [Helium among means of suicide]. *Suicidologija* [Suicidology]. 2022; 13(2):92–116. DOI: 10.32878/suiciderus.22-13-02(47)-92-116. (In Russ.)
19. Ivchenko E.V., Kotiv B.N., Ovchinnikov D.V., Buzenko S.A. Rezul'taty raboty Nauchno-issledovatel'skogo instituta problem novoj koronavirusnoj infekcii Voenno-meditsinskoj akademii za 2020–2021 gg. [Results of the work of the Military medical academy research Institute of novel coronavirus infection problems through 2020–2021]. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii* [Bulletin of the Russian military medical academy]. 2021; 23(4):93–104. DOI: 10.17816/brmma83094. (In Russ.)
20. Igoshina T.V., Schastlivtseva D.V., Kotrovskaya T.I., Bubeev Y.A. Dinamika JeJeG-patternov pri korrekcii stress reakcij metodom ingaljacii ksenona [EEG dynamics in the elimination of stress reactions by inhalation of xenon]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny* [Bulletin of rehabilitation medicine]. 2017; (1):116–121. (In Russ.)
21. Klimova O.M. Sniffing nesovershennoletnih kak novaja obshhestvenno-social'naja problema [Sniffing in minors as a new social problem]. *Nauchnyj poisk kursantov* [Scientific research of cadets : Scientific. Conf. Proceedings]. Mogilev. 2022; 96–97. (In Russ.)
22. Krivoshechekov S.G., Divert G.M., Divert V.E. Individual'nye osobennosti vneshnego dyhanija pri preryvistoj normobaricheskoj gipoksii [Individual characteristics of external respiration during intermittent normobaric hypoxia]. *Fiziologija cheloveka* [Human Physiology]. 2006; 32(3):301–307. (In Russ.)
23. Kryzhanovskaya S.Yu., Dudnik E.N., Zapara M.A. [et al.]. Procedury gipoksicheskogo kondicionirovaniya ne privodjat k chrezmernoj aktivacii oksidativnogo stressa u prakticheski zdorovykh obsleduemykh [Hypoxic conditioning procedures do not lead to excessive activation of oxidative stress in healthy subjects]. *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova* [Russian journal of physiology]. 2019; 105(1):89–99. DOI: 10.1134/S0869813919010047. (In Russ.)
24. Kuleshov V.I., Myasnikov A.A., Chernov V.I. [et al.]. Baroterapija v voennoj medicinskoj [Barotherapy in the military medicine]. *Voenno-meditsinskij zhurnal* [Military medical journal]. 2016; 337(10):52–64. (In Russ.)

25. Lakhin R.E., Shapovalov P.A., Shchegolev A.V. [et al.]. Jeffektivnost' ispol'zovanija kislorodno-gelievoj smesi v intensivnoj terapii pnevmonii u vzroslyh pacientov: sistematcheskij obzor i metaanaliz [Efficacy of using helium-oxygen mixture in the intensive care of pneumonia in adult patients: a systematic review and meta-analysis]. *Vestnik intensivnoj terapii im. A.I. Saltanova* [Annals of Critical Care]. 2022; (2):52–69. DOI: 10.21320/1818-474X-2022-2-52-69. (In Russ.)
26. Lisichenko I.A., Gusarov V.G., Teplykh B.A. [et al.]. Kolichestvennaja ocenka jeffekta amnezii i glubiny ugnetenija soznaniya pri terapevticheskoj ingaljacii ksenon-kislorodnoj smesi [Assessment of amnesic effect and the depth of hypnosis during therapeutic inhalation of xenon-oxygen mixture]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii* [Messenger of Anesthesiology and Resuscitation]. 2022; 19(5):19–27. DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-5. (In Russ.)
27. Marchenko L.Yu., Sigaleva E.E., Matsnev E.I., Anikeev D.A. Sovremennye predstavleniya o mehanizmah dejstvija i klinicheskom primenenii ingaljacii ksenona v celjah nejroprotekcii [Current view of the action mechanisms and clinical use of xenon inhalations for the purposes of neuroprotection]. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina* [Aerospace and Environmental Medicine]. 2022; 54(2):22–29. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-2-22-29. (In Russ.)
28. Miroshnichenko Yu.V., Shchegolev A.V., Enikeeva R.A., Grachev I.N. Vyjavlenie nomenklatury gazov dlja primenenija v medicinskih celjah i obosnovanie predlozhenij po regulirovaniju ih obrashhenija [Identification of the nomenclature of gases for medical use and justification of proposals for regulating their circulation]. *Voенно-медицинский журнал* [Military medical journal]. 2018; 339(12):46–54. (In Russ.)
29. Mikhalev V.I., Reutskaya E.A., Koryagina J.V. Vlijanie kislorodno-vozdushnoj smesi s sodержaniem kisloroda 93 % na variabel'nost' serdechnogo ritma i sistemu vneshnego dyhaniya sportsmenov [The effect of oxygen-air mixture with 93 % of oxygen on heart rate variability and external respiration system of athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury* [Theory and practice of physical culture]. 2012; (11):012–015. (In Russ.)
30. Myasnikova V.V., Sakhnov S.N., Romanov A.V. Citoprotektivnoe dejstvie ksenona [Cytoprotective effect of xenon] *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija* [Modern problems of science and education]. 2023; (1):Art.96. DOI: 10.17513/spno.32446. (In Russ.)
31. Nazarov E.I. Adaptacionnyj podhod k ob#jasneniju terapevticheskogo dejstvija ozona, ksenona i vodoroda [Adaptation approach to the explanation of the therapeutic treatment of ozone, xenon and hydrogen]. *Vestnik fizioterapii i kurortologii* [Herald of physiotherapy and health resort therapy]. 2019; 25(3):9–33. (In Russ.)
32. Nazarov E.I., Vongaj V.G., Glukhenkaya T.A. Ozono-ksenonovaja korekcija stressa [Ozone-xenon correction of stress]. *Medicinskij al'manah* [Medical Almanac]. 2013; (3):189–192. (In Russ.)
33. Petrov V.A., Ivanov A.O., Kindzerskij A.V., Majorov I.V. Lechebnye dyhatel'nye smesi gazov dlja podderzhanija zhiznesposobnosti ranenych s bol'shoj krovopoterej v uslovijah pereohlazhdenija i sposob ih primenenija [Therapeutic breathing gas mixtures for maintenance of viability of the wounded with great blood loss with hypothermia, and their application method] : patent for invention 2779951, Russia. IPC A61M 16/10, A61M 16/12. Application: 2020136163, 02.11.2020; Publication: 15.09.2022, Bull. 26. (In Russ.)
34. Potapov A.V. Sovremennaja ingaljacionnaja apparatura dlja protivobolevoj terapii inertnym gazom ksenonom [Particular qualities of inhalation devices for pain therapy with inert gas xenon]. *Medicinskaja tehnika* [Biomedical Engineering]. 2021; (6): 42–44. (In Russ.)
35. Potievskaya V.I., Shvetskiy F.M., Sidorov D.V. [et al.]. Ocenka vlijaniya ksenona na intensivnost' posleoperacionnogo bolevoogo sindroma u onkologicheskix pacientov: randomizirovannoe issledovanie [Assessment of xenon effect on postoperative pain syndrome severity in oncological patients: a randomized study]. *Vestnik intensivnoj terapii im. A.I. Saltanova* [Annals of critical care]. 2021; (3):140–148. DOI: 10.21320/1818-474X-2021-3-140-150. (In Russ.)
36. Raschupkin A.B., Burov N.Ye. Nizkopotochnaja ksenonovaja anestezija u hirurgicheskix bol'nyh s gipertonicheskoj bolezn'ju [Low-flow xenon anesthesia in surgical patients with essential hypertension]. *Anesteziologija i reanimatologija* [Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology]. 2011; (2):4–7. (In Russ.)
37. Reyimov D.V., Motasov G.P., Alpatov V.N. O neobходимosti kontrolja parcial'nogo davlenija azota v kislorodno-azotno-gelievoj srede barokompleksa i korekcii ego velichiny v uslovijah nasyshhennyh pogruzenij [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]. *Morskaja medicina* [Marine Medicine]. 2015; 1(1):63–66. (In Russ.)
38. Sabinina T.S., Bagaev V.G., Alekseev I.F. Perspektivy primenenija lechebnyh svojstv ksenona v pediatrii [Prospects for applying xenon curative properties in pediatrics]. *Pediatricheskaja farmakologija* [Pediatric pharmacology]. 2018; 15(5):390–395. DOI: 10.15690/pf.v15i5.1961. (In Russ.)
39. Samoylov V.O., Maksimov A.L., Filipova E.B. [et al.]. Vlijanie interval'nyh gipoksicheskix trenirovok na funkcional'noe sostojanie cheloveka v uslovijah gipoksicheskoi gipoksii [Effect of interval hypoxic training on the functional state of human in the terms of hypoxic hypoxia]. *Vestnik Rossijskoj voенно-медицинской академии* [Bulletin of the Russian military medical academy]. 2014; (4):158–163. (In Russ.)
40. Sahnov S.N., Myasnikova V.V., Dereza S.V. [et al.]. Perioperacionnoe vedenie pacientov pozhilogo vozrasta v oftal'mohirurgii [Perioperative management of elderly patients in ophthalmic surgery]. *Tavricheskij mediko-biologicheskij vestnik* [Tavricheskij Medical and Biological Vestnik]. 2019; 22(3):93–100. (In Russ.)
41. Sergeev A.A. Otechestvennaja literatura po aviacionnoj, vysokogornoj i kosmicheskoi biologii i medicine [Domestic literature on aviation, high altitude, space biology and medicine : bibliography]. Leningrad. 1969. Iss. 1. 190 p.; 1974. Iss. 2. 177 p.; 1980. Iss. 3. 156 p. (In Russ.)
42. Stepina I.V., Zavjalova A.A. Tehniko-kriminalisticheskoe obespechenie meroprijatij po protivodejstviju podrostkovoj toksikomanii [Technical and forensic support of activities for counteracting teenage substance abuse]. *NovaInfo*. 2021; (124):1–2. (In Russ.)
43. Ushakov I.B., Kal'manov A.S., Bubeev Ju.A. Perspektivy primenenija special'nyh gazovyh smesej na osnove ksenona dlja korekcii stressa smertel'no opasnyh situacij [Specific xenon-based gas mixtures used for stress correction therapy in patients exposed to lethal force scenarios]. *Mediko-biologicheskije i social'no-psihologicheskije problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah* [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 (In Russ.)
44. Ushakov I.B., Pyatibrat A.O. Perspektivy ispol'zovanija ksenona dlja korekcii i reabilitacii funkcional'nogo sostojanija u lic jekstremal'nyh professij [Prospects of xenon application in functional recovery and rehabilitation of patients working in ex-

treme occupational environments]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah* [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. (In Russ.)

45. Hadarcev A.A., Tokarev A.R., Valentinov B.G. Ksenon v medicinskih tehnologijah (obzor literatury) [Xenon in medical technologies (literature review)]. *Vestnik novyh medicinskih tehnologij. Jelektronnoe izdanie* [Journal of new medical technologies, eedition]. 2022; 16(4):141–149. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-4-3-8. (In Russ.)

46. Haliullin D.M. Ингаляционная анестезия ксеноном в амбулаторной стоматологии у детей [Inhalation xenon anaesthesia in outpatient child dentistry: Abstract dissertation PhD Med. Sci.]. Moscow. 2020. 24 p.

47. Kholmatova K.K., Grjibovski A.M. Panel'nye issledovaniya i issledovaniya trenda v medicine i obshhestvennom zdorovohranenii [Panel- and Trend Studies in Medicine and Public Health]. *Jekologija cheloveka* [Human Ecology]. 2016; (10):57–63. DOI: 10.33396/1728-0869-2016-9-57-64. (In Russ.)

48. Khudyakov A.N., Solomina O.N., Zaitseva O.O., Polezhaeva T.V. Tradicionnye i novye podhody k ispol'zovaniju ksenona v biologii i medicine [Traditional and new approaches to the use of xenon in biology and medicine]. *Uspehi sovremennoj biologii* [Biology Bulletin Reviews]. 2017; 137(2):195–206. (In Russ.)

49. Cyganova T.N. Avtomatizirovannyj analiz jeffektivnosti i mehanizmy dejstvija normobaricheskoy interval'noj gipoksi-cheskoy trenirovki v vosstanovitel'noj korrekcii funkcional'nyh rezervov organizma [Automated efficiency and mechanism of action analysis for normobaric intermittent hypoxic training in the corrective rehabilitation of body functional reserves : Abstract dissertation Dr. Med. Sci.]. Moscow. 2004. 48 p. (In Russ.)

50. Chinbat A., Tumanovsky A.A., Ivakhnyuk S.G. Toksikomanija (sniffing) kak obstojatel'stvo, opredelajushhee tehnikeskuju prichinu vzryvov gazovozdushnyh smesej (na primere Mongolii) [Toxicomania (sniffing) as a contributing factor determining the technical cause of gas-air mixture explosions (the case of Mongolia)]. *Problemy upravlenija riskami v tehnosfere* [Problems of technosphere risk management]. 2022; (3):32–38. (In Russ.)

51. Shvetsky F.M., Potievskaya V.I., Smolnikov P.V., Chizhov A.Ya. Korrekciya funkcional'nogo sostojaniya vrachej anesteziologov-reanimatologov ingal'acijami ksenona [Correction of functional status of physicians anaesthesiologists-reanimatologists by xenon inhalations]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [RUDN journal of ecology and life safety]. 2016; (4):96–104. (In Russ.)

52. Shogenova L.V., Varfolomeev S.D., Bykov V.I. [et al.]. Vlijanie termicheskoj gelij-kislorodnoj smesi na virusnuju nagruzku pri COVID-19 [Effect of thermal helium-oxygen mixture on viral load in COVID-19]. *Pul'monologija* [Pulmonology]. 2020; 30(5):533–543. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-533-543. (In Russ.)

53. Jakuceni V.P. Syr'evaja baza gelija v mire i perspektivy razvitiya gelievoj promyshlennosti [Helium resource base in the world and the prospects of helium industry development]. *Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika* [Theoretical and applied studies]. 2009; 4(2):24 p. (In Russ.)

54. Jarygin N.V., Shomina E.A. Primenenie ksenona v medicinskoj praktike (obzor literatury) [Use of xenon in medical practice (literature review)]. *Prakticheskaja medicina* [Practical medicine]. 2022; 20(4):171–176. DOI: 10.32000/2072-1757-2022-4-171-176. (In Russ.)

55. Jahontov B.O. Fiziologicheskaja strategija formirovaniya sostava vodolaznyh dyhatel'nyh smesej [Physiological strategy for the formation of the composition of diving breathing mixtures]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2021; (7):34–40. DOI: 10.17513/mjpf.13245. (In Russ.)

56. Van Eck N.J., Waltman L. Manual for VOSviewer version 1.6.19 / Leiden Universiteit. 2023. 54 p. URL: https://www.aidi-ahmi.com/download/Manual_VOSviewer_1.6.19.pdf.

57. Van Eck N.J., Waltman L. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*. 2010; 84(22):523–538. DOI: 10.1007/s11192-009-0146-3.

Received 06.09.2024

For citing: Evdokimov V.I., Aleksanin S.S., Rybnikov V.Ju., Myasnikov A.A., Gluhov V.A. Naukometricheskij analiz statej po primeneniju gazovyh dyhatel'nyh smesej v jekstremal'noj medicine. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyakh*. 2024; (3):104–123. (In Russ.)

Evdokimov V.I., Aleksanin S.S., Rybnikov V.Ju., Myasnikov A.A., Gluhov V.A. 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.