

Научная статья
УДК 614.8.013,
УДК 614.8.014
УДК 614.847.9
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.95.54.011

Аналитический обзор подходов к информационной поддержке звеньев газодымозащитной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ в зоне ограниченной видимости

Вячеслав Юрьевич Яровой¹
Павел Владимирович Ширинкин²

¹Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

²Академия ГПС МЧС России, Москва, Россия

Автор ответственный за переписку: Вячеслав Юрьевич Яровой, yarovoivicheslav@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются принципиальные подходы к информационной поддержке, которые могут быть применимы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ в условиях ограниченной видимости: ультразвуковое зондирование; радиолокационное зондирование; активно-импульсное зондирование. Проведен анализ современных методов информационной поддержки деятельности звеньев газодымозащитной службы в зоне ограниченной видимости и программно-аппаратных средств, их реализующих. На основании определения положительных и отрицательных сторон современных приборов, позволяющих получать дополнительную информацию при работе в зонах ограниченной видимости, сформулированы предложения по направлениям их совершенствования и практической реализации.

Ключевые слова: информационная поддержка, звено газодымозащитной службы, ультразвуковое зондирование; радиолокационное зондирование; активно-импульсное зондирование, зона ограниченной видимости

Для цитирования: Яровой В.Ю., Ширинкин П.В. Аналитический обзор подходов к информационной поддержке звеньев газодымозащитной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ в зоне ограниченной видимости / Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 1 (28). С. 136-144. [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.95.54.011](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2023.95.54.011).

Analytical review of approaches to information support of gas and smoke rescue units when extinguishing fires and carrying out rescue operations in the area of limited visibility

Vyacheslav Yu. Yarovoy¹
Pavel V. Shirinkin²

¹Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

²SFA of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Viacheslav Yu. Yarovoy, yarovoiviacheslav@yandex.ru

Abstract. The article considers the basic approaches to information support, which can be applied when extinguishing fires and carrying out rescue operations in conditions of limited visibility: ultrasonic sensing; radar sensing; active-pulse sensing. An analysis of modern methods of information support for gas and smoke rescue service units in a limited visibility area and the hardware and software that implements them was performed. On the basis of determining the positive and negative sides of modern devices, allowing to obtain additional information when working in areas of limited visibility, proposals for their improvement and practical implementation are formulated.

Keywords: information support, gas and smoke protection unit, ultrasonic sounding; radar sounding; active-pulse sounding, limited visibility zone

For citation: Yarovoy V.Yu., Shirinkin P.V. Analytical review of approaches to information support of gas and smoke rescue units when extinguishing fires and carrying out rescue operations in the area of limited visibility / Siberian Fire and Rescue Bulletin 2023. № 1 (28). p. 136-144. (In Russ.) [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.95.54.011](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2023.95.54.011).

В соответствии с требованиями Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [1] (далее – БУПО), успешное решение основной боевой задачи достигается за счет организованного применения сил и средств участников боевых действий. Основными факторами, определяющими успешное решение основной боевой задачи, являются:

- соответствие имеющегося на месте тушения пожара количества сил и средств пожарной охраны необходимому;
- уровень тактической подготовленности участников тушения пожара;
- организация руководства действиями участников тушения пожара.

Чем больше сил и средств задействованы в тушении пожара, тем более значимым становится влияние управленческих решений на эффективность их применения. Основными способами получения информации об обстановке на пожаре БУПО определяет:

- обследование помещений, зданий, сооружений, транспортных средств, технологических установок, участков местности;
- опрос осведомленных лиц;
- изучение документации.

Опрос осведомленных лиц и изучение документов, содержащих сведения об объекте пожара, дают прогнозируемую или фиксированную во времени информацию (до возникновения пожара или на отдельном участке пожара в конкретное время, зачастую, в начале возгорания). Основной же объем информации, определяющей эффективность применения сил и средств при тушении пожара, качество управленческих решений, структуру управления силами и средствами по тушению пожара даёт обследование тех или иных участков на месте пожара. Исходя из этого можно постулировать, что одним из наиболее значимых факторов успешного управления действиями при тушении пожаров и, следовательно, решения основной боевой задачи при тушении пожара, является сбор, передача и обработка оперативной информации от участников тушения пожара.

Около 34% от общего количества пожаров [2] происходит в зданиях, этим пожарам соответствует наибольшее количество погибших (93% от общего количества). При пожарах в зданиях создаются условия (повышенная температура, снижение видимости в дыму, повышенное содержание токсичных веществ), требующие применения звеньев газодымозащитной службы (далее – ГДЗС). Согласно статистическим данным [3] более 25% пожаров в Российской Федерации в 2022 г. ликвидированы с участием звеньев ГДЗС. На эти пожары приходится 80% погибших и практически половина получивших травмы участников тушения пожара (рис. 1).



Рис. 1. Линейная диаграмма распределения статистических показателей обстановки с пожарами относительно участия звеньев ГДЗС [3]

Разведка пожара – процесс сбора информации для оценки обстановки и принятия решений по тушению пожара, проводится всё время, пока ведутся боевые действия по тушению пожара. В условиях экстремальной ситуации основными факторами, способствующими успешной работе звена ГДЗС, становятся: умение получить необходимую информацию; оперативность действий; способность к взаимодействию с другими участниками боевой работы; быстрое принятие правильного решения. [5] К тому же стоит отметить, что принятие управленческих решений по выбору направления разведки в зоне задымления полностью корректируется в оперативном отношении командиром звена ГДЗС. Оперативность и полнота сбора сведений об обстановке на пожаре, и, следовательно, информационное обеспечение управления, а также обеспечение безопасности участников тушения пожара всё больше зависят от технической оснащённости звеньев ГДЗС.

В настоящее время существуют различные технические решения, способствующие выполнению задач, решаемых звеньями ГДЗС. В результате проведения анализа аппаратно-программных решений, использующихся при поиске пострадавших и повышении эффективности действий звеньев ГДЗС, можно выделить следующие:

- ультразвуковое зондирование;
- радиолокационное зондирование;
- активно-импульсное (оптико-электронное) зондирование.

Метод ультразвукового зондирования основан на работе ультразвукового локационного датчика (прибора) и состоит в следующем: ультразвуковой датчик (трансмисмиттер) излучает направленный сигнал (звуковую волну), после появления препятствия на пути распространения звуковой волны происходит отражение эхо-сигнала в обратном направлении и фиксируется ресивером ультразвукового датчика. На основании определения временного интервала между моментами излучения и приемом отраженного эхо-сигнала прибором определяется расстояние до препятствия.

Одним из устройств, реализующих данный принцип работы, является «ПОИСК-01», разработанный экспериментально-опытным заводом БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова в 2006 году. [6] Прибор «Поиск-01» (рис. 2), предназначен для обнаружения препятствий в условиях плохой видимости при выполнении поисковых и аварийно-спасательных работ.



Рис. 2. Поиск-1

Прибор состоит из двух основных блоков: фонаря и ультразвукового локатора, содержащего приемно-излучательный узел, блок обработки информации и блок звуковой индикации дальности, технические характеристики прибора представлены в табл. 1. [6]

Табл. 1. Технические данные прибора «Поиск-01»

Характеристика	Данные
Дальность действия ультразвукового локатора, м	3,0
Диапазон звуковых частот индикации расстояния, Гц	100-6000
Время работы фонаря без подзарядки аккумулятора, часов	Не менее 3
Температура окружающей среды, °С	-20...+140
Относительная влажность воздуха при температуре окружающей среды +35 °С, %	98 ± 2

Основные достоинства и недостатки устройств, работающих на принципах ультразвукового зондирования, с точки зрения их применимости для решения задач звеньев ГДЗС в задымленной зоне, представлены в табл. 2, табл. 3.

Табл. 2. Достоинства и недостатки использования ультразвукового зондирования (на примере прибора Поиск-1)

Достоинства	Недостатки
Направление работы прибора сопровождается световым лучом Простота исполнения и обслуживания Возможно использовать как обычный групповой фонарь	Малая дальность действия ультразвукового локатора Звуковая индикация дальности препятствий Ограниченная информационная поддержка (малый объем предоставляемой информации)

Схожее по принципу аппаратно-программное решение описано в статье [8]. Авторами предлагается использование датчика HC-SR04 и микроконтроллера ATmega328P на базе платы Arduino Nano, вмонтированных в каску пожарного (рис. 3).

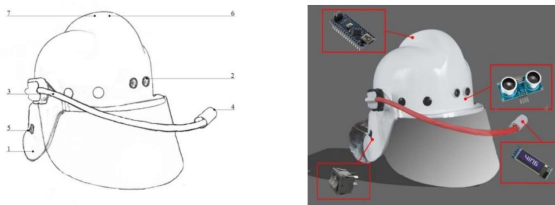


Рис. 3. Спроектированное системное решение, предложенное авторами [8]

В статье [8] также приведены результаты прохождения курсантами «Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля» определенного маршрута в теплодымокамере. Согласно представленным авторами данным скорость прохождения маршрута увеличилась в среднем на 29%.

Табл. 3. Достоинства и недостатки использования ультразвукового зондирования (на примере прибора, описанного в статье [8])

Достоинства	Недостатки
Размещение прибора (упрощает использование) Индикация дальности препятствий (цифровое значение на дисплее)	Малая дальность действия ультразвукового локатора Ограниченная информационная поддержка (малый объем предоставляемой информации)

Других устройств, работающих на основе принципов ультразвукового зондирования, для анализа эффективности его реализации найти не удалось. Общие недостатки, ставящие возможность успешной реализации методов ультразвукового зондирования в реальных условиях пожара под вопрос, можно сформулировать следующим образом:

1. В конструкциях приборов не предусмотрен учет влияния показателей внешней агрессивной среды пожара на показания приборов. Параметры относительной влажности и температуры окружающей среды, состав и свойства дыма влияют на дальность

- и скорость распространения звуковой волны в пространстве, следовательно, и на максимальную дальность работы, корректность измеренного расстояния;
2. Отсутствие информации об испытаниях приборов на базе ультразвуковых датчиков в дымах различной плотности ставит под сомнение возможность их использования при выполнении боевых задач по тушению пожаров звеньями ГДЗС;
 3. Ограниченность представляемой информации. Для полной информационной поддержки звена ГДЗС недостаточно представленных способов отображения информации.

Использование принципа ультразвуковой эхолокации для повышения информационной поддержки деятельности звеньев ГДЗС возможно при дальнейшем развитии и адаптации технологии с учетом воздействия агрессивной окружающей среды в условиях тушения пожара.

Следующим методом, используемым для ориентирования в задымленном пространстве, является радиолокационное зондирование. Рассмотрим принцип работы технологии на примере РД-400. Радар-детектор представляет собой портативный специализированный радиолокатор (георадар) и предназначен для оперативного поиска и обнаружения по дыханию живых объектов, оказавшихся под завалами в результате техногенных катастроф, сходов снежных лавин и т.п. Принцип работы РД-400 основан на георадарных технологиях. Радиолокационная система прибора направляет сигнал в определенном направлении после чего криптограмма с изображением человека появляется на экране монитора в соответствии с расстоянием, на котором находится обнаруженный по дыханию объект. Дополнительно в правой части главного окна начинает отображаться спектр отраженного сигнала от обнаруженного по дыханию объекта и положение аппаратного порога прибора (красная линия). Форма спектра отраженного сигнала расширяет возможности оператора по прогнозированию и оценке ситуации о возможном наличии под завалом дышащего объекта. Появление ярко выраженного пика в спектре говорит об обнаружении объекта по дыханию. [7]

Данное аппаратно-программное решение используется подразделениями МЧС России для обнаружения пострадавших при техногенных чрезвычайных ситуациях, таких как обрушения строительных конструкций и пр. Глубина обнаружения пострадавших составляет до 5 метров.

Прибор РД-400 разработан на основе российских технологий (рис. 4).

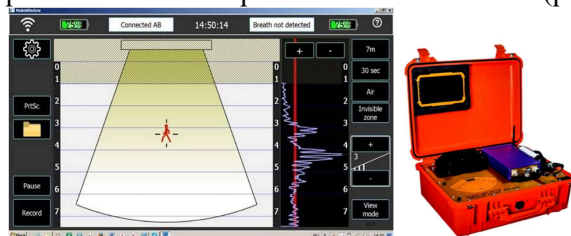


Рис. 4. Мобильный радиолокационный комплекс РД-400

Достоинства и недостатки применения данного аппаратно-программного решения, в качестве инструмента, повышающего эффективность работы звеньев ГДЗС при проведении разведки на наличие людей в задымленном пространстве, представлены в табл. 4.

Табл. 4. Достоинства и недостатки РД-400 для использования в качестве средства информационной поддержки при работе звеньев ГДЗС

Достоинства	Недостатки
Определение направления и ориентировочного расстояния до пострадавшего	Невосприимчивость к преградам (перегородки и несущие стены)
Невосприимчивость к естественным строительным преградам (перегородки и несущие стены)	Высокая стоимость
	Использование данного решения возможно только при специальном обучении газодымозащитников
	Массивность исполнения прибора.

Возможности применения технологии радиолокационного зондирования являются перспективными при развитии и внедрении фильтрующих программно-аппаратных решений.

Основные недостатки технологии радиолокационного зондирования заключаются в том, что фоновые шумы при пожаре (звук трескающегося материала и пр.) могут привносить

значительные погрешности при определении расстояния до объекта, что требует применения при его использовании программных фильтров, данный метод возможно использовать только для поиска пострадавших, так как строительные конструкции им определяться не будут.

В активно-импульсном (оптико-электронном) зондировании можно выделить два типа устройств, работающих по схожим принципам. Принцип действия активно-импульсных систем основан на методе зондирования, предложенном академиком А.А. Лебедевым в 1936 году. [9]

Метод заключается в том, что наблюдаемый объект освещается с помощью коротких световых импульсов. Стоит отметить, что в отличие от ультразвука, длительность импульсов более короткая и меньше времени отражения света от объекта. Реализации данного метода осуществляется с помощью лазерного излучателя, который генерирует короткие импульсы света и перерабатывает полученную информацию в изображение электроннооптическим преобразователем (ЭОП), оснащенным быстродействующим затвором. Принципиальная схема системы видения, предложенная Суриковым А. В. представлена на рис. 5. [10]

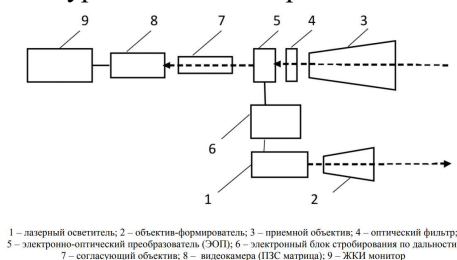


Рис. 5. Принципиальная схема оптико-электронной системы улучшения видимости в дыму

Внешний вид экспериментального образца, предлагаемого автором [10] представлен на рис. 6. Общие технические характеристики экспериментального образца исследуемой оптико-электронной системы приведены в табл. 5.

Табл. 5. Техническая характеристика оптико-электронной системы улучшения видимости в дыму

Параметр системы	Значение
Длина волны излучения лазерного осветителя, нм	850
Пиковая мощность импульса лазерного излучения, Вт	320
Длительность импульса излучения, нс	~ 60
Частота следования импульсов, Гц	5 000 – 10 000
Расстояние до границы зоны наблюдения, м:	
минимальное – максимальное	10 – 500
Глубина зоны наблюдения, м:	
минимальная – максимальная	15 – 120
Увеличение, крат.	3
Угол обзора, град:	
по вертикали – по горизонтали	6 – 20
Масса прибора, кг	2



Рис. 6. Внешний вид экспериментального образца оптико-электронной системы улучшения видимости в дыму

Второй тип устройств, реализующих принципы активно-импульсного зондирования, это тепловизоры. Принцип работы основан на регистрации температурных значений поверхности объектов. Каждый материал имеет свою отражающую и поглощающую способность инфракрасного излучения, а неравномерность нагрева позволяет для одной и той же поверхности определять общую картину распределения температуры. Цветовое обозначение

происходит с помощью шкалы зависимости цвета и температуры. На рис. 7 изображена разница в визуальных показателях результатов разведки.

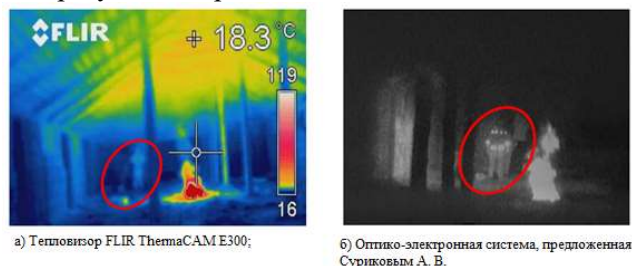


Рис. 7. Результаты эффективности, предлагаемой автором [10], системы при удельной оптической плотности дыма равной 0,32 дБ/м

Достоинства и недостатки применения активно-импульсного зондирования, в качестве инструмента, повышающего эффективность работы звеньев ГДЗС при проведении разведки на наличие людей в задымленном пространстве, представлены в табл. 6.

Табл.6. Достоинства и недостатки оптико-электронной системы, предложенной в [10]

Достоинства	Недостатки
Повышение визуального восприятия (видимости) в зоне ограниченной видимости	Ограниченная информационная поддержка (малый объем предоставляемой информации, улучшение видимости ограничено в качестве).
Высокие максимальные значения границы и глубины зоны	Высокие минимальные значения границы и глубины зоны
	Не предусмотрено устройство отображения для использования при тушении пожаров и проведении АСР

В приборных решениях данного типа можно выделить существенный недостаток – визуальная обработка изображения для повышения уровня видимости не предоставляет полной информационной поддержки, а качество обработанной информации имеет посредственные значения.

При рассмотрении возможностей приборов с использованием датчиков ИК-спектра можно наблюдать высокую возможность интеграции данной технологии и ее развитие в пожарном деле для повышения эффективности и безопасности работы звеньев ГДЗС.

Заключение

В статье рассмотрены подходы к повышению информационной поддержки работы звеньев ГДЗС при тушении пожаров в зоне ограниченной видимости за счет применения различных программно-аппаратных устройств. Подведен итог по каждому из методов и приборных решений.

При проведении анализа применимости аппаратных решений для повышения эффективности и безопасности работы звеньев ГДЗС в непригодной для дыхания среде в зоне ограниченной видимости сформулированы следующие выводы:

1. Каждое рассмотренное аппаратно-техническое решение имеет свои преимущества и недостатки. Потенциал применения рассматриваемых методов использован не в полном объеме.

2. Ввиду ограниченности возможностей использования в условиях, соответствующих условиям работы звеньев ГДЗС, каждого из рассмотренных в статье методов, наиболее перспективным представляется подход к комбинированному их применению при разработке программно-аппаратных решений информационной поддержки работы звеньев ГДЗС.

Список источников

1. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

2. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: П 46 ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022 114 с.
3. Запрос-обращение «Статистические данные по пожарам ликвидированных с участием звеньев ГДЗС в РФ за 2022 год» МЧС России ФГБУ ВНИИПО МЧС России ГИ-117-373 от 06.03.2023.
4. Повзик, Я.С. Справочник руководителя тушения пожара / Я.С. Повзик. – Москва, ЗАО «Спецтехника», 2000 – 361с.
5. Тетерин И. М. и др. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах //Технологии техносферной безопасности. – 2008. – №. 4. – С. 20.
6. Прибор «Поиск-01» с устройством звуковой индикации обнаружения препятствий. Паспорт и руководство по эксплуатации.
7. Описание устройств и необходимость применения приборов радиолокационного зондирования при проведении разведки пожара в условиях ограниченной видимости на пожаре / О. Г. Волков, Д. Ю. Захаров, А. С. Давиденко, А. В. Луканов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 29–30 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2018. – С. 324-326. – EDN SIADLM.
8. Бас О. и др. ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ДЛЯ ОРІЄНТУВАННЯ У ЗАДИМЛЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ //Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. – 2021. – Т. 5. – №. 1. – С. 15-26.
9. Волков, В.Г. Активно-импульсные ПНВ и тепловизионные приборы. Анализ возможностей применения / В.Г. Волков // Фотоника. – 2007. – № 4. – С. 24-28.
10. Суриков А. В. и др. Оптико-электронная система для улучшения видимости при задымлении //Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – №. 2 (20). – С. 4-12.

List of Sources

1. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated October 16, 2017 № 444 "On approval of the Combat Statute of fire protection units, defining the organization of fire fighting and rescue operations".
2. Fires and Fire Safety in 2021: statistical digest. Balashikha: P 46 FGBU VNIIPPO Russian Emergency Ministry, 2022 114 p.
3. Request-Application "Statistical data on fires extinguished with the participation of GDFS units in the Russian Federation for 2022". EMERCOM of Russia FGBU VNIIPPO EMERCOM of Russia GI-117-373 of 06.03.2023.
4. Povzik, Y.S. Handbook of the head of fire suppression / Y.S. Povzik. - Moscow, CJSC "Spetstekhnika", 2000 - 361 pp.
5. Teterin I. M. et al. The Use of Decision Support Systems by Heads of Operating Units in Extinguishing Fires in Large Cities // Technotechnologies of Technosphere Safety. -2008.- №. 4.-С. 20.
6. The device "Poisk-01" with the device of sound indication of obstacle detection. The passport and operation manual.
7. Description of devices and the need for radar sensing devices when conducting fire reconnaissance in conditions of limited visibility on the fire / O. G. Volkov, D. Yu. Zakharov, A.S. Davidenko, A. V. Lukanov // Fire and Emergency Safety: Proceedings of the XIII International Scientific-Practical Conference dedicated to the Year of Safety Culture, Ivanovo, 29-30 November 2018. Volume Part 1. - Ivanovo: Federal state budgetary educational institution of higher education

"Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters", 2018. - С. 324-326. - EDN SIADLM.

8. Bas O. et al. USE OF ULTRASOUND FOR ORIENTATION IN SMOKY ENVIRONMENT // Emergencies: Prevention and Elimination. - 2021. - Vol. 5. - No. 1. - С. 15-26.

9. Volkov V.G. Active-pulse NV and thermal imaging devices. Analysis of application possibilities / V.G. Volkov // Photonics. - 2007. - № 4. - С. 24-28.

10. Surikov A. V. et al. Optical-electronic system to improve visibility in smoke // Bulletin of the Command-Engineering Institute of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. - 2014. - №. 2 (20). - С. 4-12.

Информация об авторах

П.В. Ширинкин - кандидат технических наук, доцент

Information about the author

P.V. Shirinkin - Ph.D. of Technical Sciences, Docent

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.02.2023; одобрена после рецензирования 20.03.2023; принята к публикации 21.03.2023.

The article was submitted 10.02.2023, approved after reviewing 20.03.2023, accepted for publication 21.03.2023.