

Научная статья

УДК 614.849

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.11.12.003

Алгоритм использования динамической 3D модели здания для поиска пострадавших

Александр Владимирович Мокшанцев^{1,3}

Денис Сергеевич Береснев^{1,4}

Кирилл Сергеевич Шалимов²

¹Академия ГПС МЧС России, Москва, Россия

²Главное управление МЧС России, Москва, Россия

³<https://orcid.org/0000-0002-2396-094X>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0283-6042>

Автор ответственный за переписку: Кирилл Сергеевич Шалимов, 1122086@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы проведения поисково-спасательных работ в местах с массовым пребыванием людей, в таких местах часто возникают пожары, где быстрое определение местонахождения пострадавших является критически важным элементом оказания помощи и спасения людей. Для решения этой проблемы используются современные технологии, включая использование динамических 3D моделей зданий. Технологии на основе 3D моделирования зданий используются для создания двумерных и трехмерных схем и планов эвакуации, для обучения персонала по эвакуации и для определения пространственных параметров зданий. Использование 3D моделей здания для поиска пострадавших во время пожара является перспективным направлением исследования.

Предложена модель поддержки управления поиском и эвакуацией людей из мест с массовым пребыванием людей при возникновении ЧС на основе информационно-аналитической системы. Разработан алгоритм использования динамической 3D модели здания для быстрого нахождения пострадавших в случае пожара.

Результаты исследований показали, что использование динамической 3D модели здания в сочетании с системой мониторинга и системой управления оповещения и эвакуации здания и алгоритмом использования динамической 3D модели здания для поиска пострадавших с помощью планшета руководителя тушения пожара является эффективным инструментом для поиска пострадавших в случае пожара. Было установлено, что данная технология позволяет значительно сократить время поиска пострадавших и увеличить их шансы на спасение.

Использование динамической 3D модели здания для поиска пострадавших в случае пожара является необходимым элементом повышения уровня безопасности в местах с массовым пребыванием людей. Данная система позволяет ускорить процесс поиска пострадавших при пожаре.

Ключевые слова: 3D моделирование, противопожарная защита, пожарная безопасность, поиск пострадавших, пожар

Для цитирования: Мокшанцев А.В., Шалимов К.С., Береснев Д.С. Алгоритм использования динамической 3D модели здания для поиска пострадавших специализации // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 1 (36). С. 32-38. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.11.12.003>

Original article

An algorithm for using a dynamic 3D model of a building to search for affected specializations

Alexander V. Mokshantsev^{1,3}

Denis S. Beresnev^{1,4}

Kirill S. Shalimov²

¹Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia

²The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia

³<https://orcid.org/0000-0002-2396-094X>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0283-6042>

Corresponding author: Kirill S. Shalimov, 1122086@mail.ru

Abstract. The issues of conducting search and rescue operations in places with a massive presence of people are considered, fires often occur in such places, where rapid identification of the location of victims is a critical element of providing assistance and rescuing people. Modern technologies are used to solve this problem, including the use of dynamic 3D models of buildings. 3D building modeling technologies are used to create two-dimensional and three-dimensional evacuation schemes and plans, to train evacuation personnel and to determine the spatial parameters of buildings. Using 3D models of a building to search for victims of a fire is a promising area of research.

A model is proposed to support the management of the search and evacuation of people from places with a mass stay of people in the event of an emergency on the basis of an information and analytical system. An algorithm has been developed for using a dynamic 3D model of a building to quickly locate victims in the event of a fire.

The research results have shown that the use of a dynamic 3D model of a building in combination with a monitoring system and a control system for warning and evacuation of a building and an algorithm for using a dynamic 3D model of a building to search for victims using a fire extinguishing supervisor's tablet is an effective tool for searching for victims in the event of a fire. It was found that this technology can significantly reduce the search time for victims and increase their chances of rescue.

The use of a dynamic 3D model of a building to search for victims in the event of a fire is a necessary element of improving safety in places with a large number of people. This system allows you to speed up the process of searching for victims of a fire.

Keywords: 3D modeling, fire protection, fire safety, search for victims, fire

For citation: Mokshantsev A.V., Shalimov K.S., Beresnev D.S. An algorithm for using a dynamic 3D model of a building to search for victims of specialization // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 1 (36). С. 32-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.11.12.003>

Вопросы проведения поисково-спасательных работ (ПСР) в местах с массовым пребыванием людей неразрывно связаны с системой поддержки управления эвакуацией и систем поддержки принятия решений по управлению эвакуацией людей. Поиск пострадавших начинается, в случае если люди не успели эвакуироваться, не успели покинуть опасную зону до наступления действия на них опасных факторов пожара, чрезвычайной ситуации (ЧС).

При эвакуации у человека возникает ряд проблемных вопросов, от которых зависит безопасность человека. Основными факторами, которые способствуют увеличению времени эвакуации, являются:

- неспособность эвакуируемых объективно оценить сложившуюся обстановку;
- люди не ознакомлены с планом эвакуации и не знают планировки объекта, на котором находятся;
- присутствие большого скопления людей в замкнутых пространствах;
- блокирование опасными факторами пожара выбранного пути эвакуации.

В работах [1-4] рассматривались вопросы способов мониторинга пожарной безопасности объекта, методы оценки состояния объекта по вопросам пожарной безопасности, вопросы организации процесса управления системой обеспечения пожарной безопасности и информационного обеспечения управления. Акцент делался именно на безопасную эвакуацию людей из объекта при пожаре, вопрос поиска пострадавших рассматривался косвенно.

В работах [5-8] рассмотрены вопросы планирования, проведения ПСР, в работах [9,10] вопросы автоматизации поддержки управления проведением поисково-спасательных работ, однако непосредственно проведение поисково – спасательных работ на объекте защите при пожаре не рассматривались.

Проведение научных исследований по разработке методов и алгоритмов определения местонахождения человека при проведении поисково-спасательных работ в местах с массовым пребыванием людей с использованием базы данных 3D моделей зданий, является недостаточно изученной и актуальной задачей.

Существует два класса системы поддержки управления (СПУ) по управлению эвакуацией людей: статические и динамические. Статические используются на этапе предварительного планирования, они предназначены для анализа существующих решений здания. А динамические СПУ используются во время эвакуации людей, они определяют пути эвакуации и скопления людей на каждый момент времени.

В настоящее время для вычисления маршрутов движения людей принимается один критериев: время эвакуации по выбранному маршруту физическое расстояние, комплексный показатель характеризующий безопасность пути эвакуации.

Анализ СПУ по управлению эвакуации людей применим для поддержки принятия решения при проведении ПСР. Перспективными направлениями развития СППР является объединение статических и динамических СПУ, путем поиск новых критериев оценки для выбора маршрутов поиска людей при пожаре и совмещение данных критериев.

Предлагается модель поддержки управления, при которой точно будет известно местонахождение человека при пожаре на объекте с массовым пребыванием людей.

У каждого человека в современном мире, который посещает места с массовым пребыванием людей, имеется мобильное устройство. Предлагается при входе на объект с массовым пребыванием людей установить систему считывания сигналов с мобильных устройств. При входе в здание данные о мобильном устройстве поступят в эту систему, а точнее в 3D модель здания. И служба охраны будет владеть информацией о количестве людей и их местонахождении. Схема поступления сигнала от мобильного устройства на пункт охраны при пожаре представлена на Рис.1.

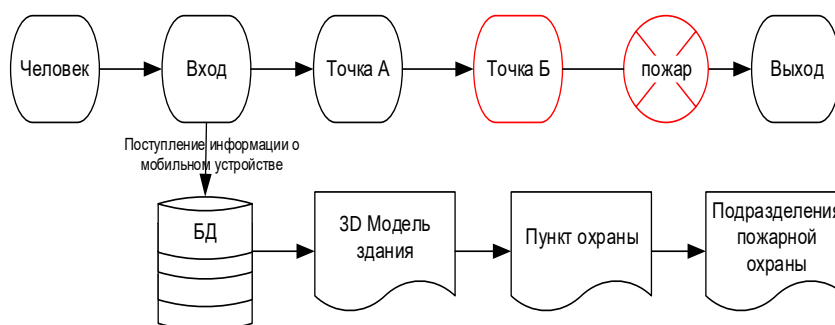


Рис.1. Схема поступления сигнала от мобильного устройства на пункт охраны при пожаре

Важным элементом представленной схемы является разработка 3D моделей здания. Необходима разработка подсистемы доступа к общей базе моделей для пожарно-спасательных подразделений. Это даст возможность визуализировать общий вид здания, поэтажные схемы

объекта, систему водоснабжения, а также местонахождения каждого человека по сигналу от мобильного устройства. При выдвижении к месту пожара, руководитель тушения пожара (РТП) сможет получить более полную информацию об особенностях объекта, смоделированным вариантам развития неблагоприятных событий, будет иметь представления о заблокированных путях эвакуации.

Предлагаемая функция отслеживания местонахождения человека является усовершенствованным вариантом уже реализованной функции «Мобильного спасателя» действий при ЧС, одной из важных возможностей которой является сигнал «SOS». У РТП имеется специальное электронное устройство (планшет), на котором содержится информация об объекте защиты, имеется возможность отслеживать личный состав. Предлагается вывод данных 3D модели здания с указанием местонахождения людей на данный планшет, что позволит владеть полной информацией о местонахождении людей и путях их эвакуации и спасения (Рис.2).

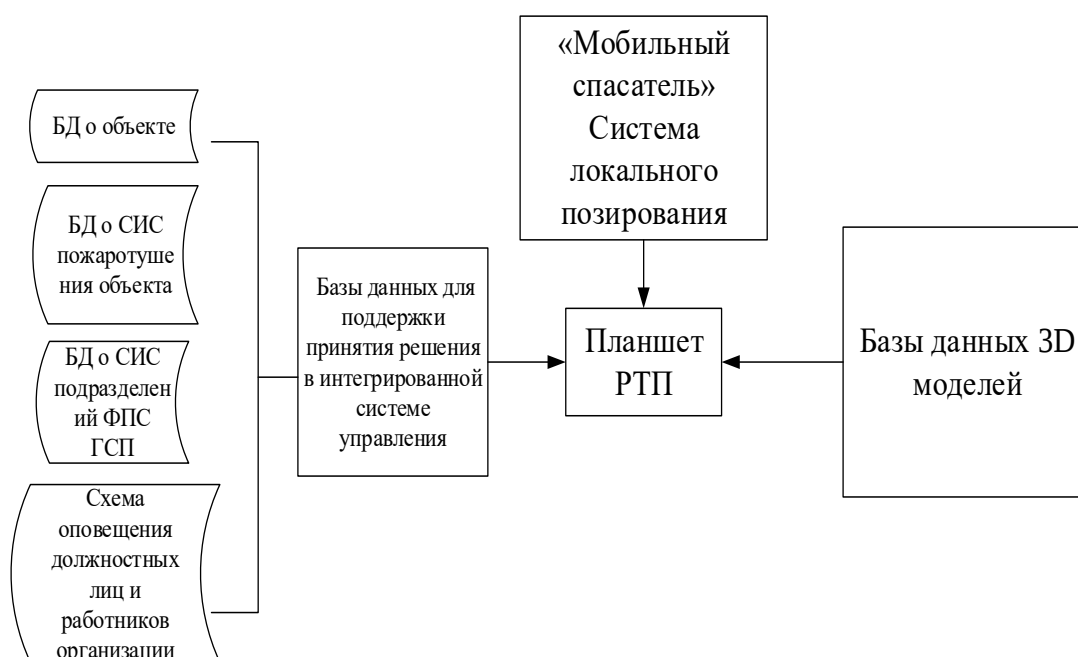


Рис.2. Модель поддержки управления поиском и эвакуацией людей из мест с массовым пребыванием людей при возникновении ЧС с на основе информационно-аналитической системы

При получении сигнала о пожаре на объекте, РТП подключает планшет ко всем подсистемам и базам данных для этого объекта. РТП будет владеть полной информацией об объекте, где пожар, где находятся люди, возможные варианты развития ситуации. Данная система значительно повысит эффективность тушения пожаров и спасения людей на пожаре, а также проведение эвакуации людей.

Алгоритм использования динамической 3D модели здания для поиска пострадавших с помощью планшета РТП представлен на Рис.3.

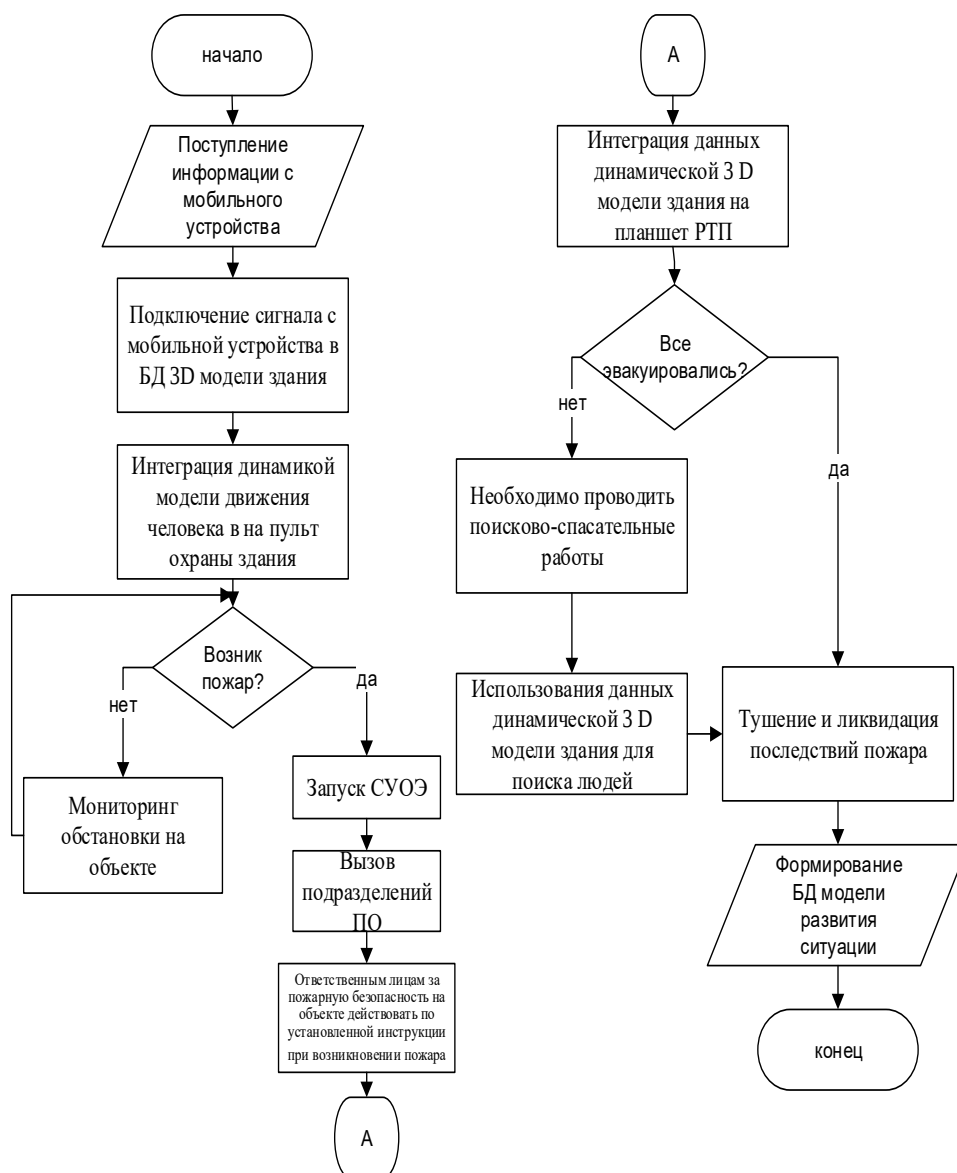


Рис.3. Алгоритм использования динамической 3D модели здания для поиска

Предложенный алгоритм поиска пострадавших позволит значительно сократить время поиска, позволит определять кратчайшие и безопасные пути следования к пострадавшим и пути их эвакуации.

Необходим комплексный подход к вопросам проведения ПСР, который будет входить в систему поддержки принятия решения (СППР) для РТП при различных видах ЧС и пожаров различной сложности. СППР позволит в режиме реального времени одновременно управлять эвакуацией и спасением людей, руководить тушением пожаров с помощью новой информационно-аналитической системы.

Список источников

1. Шихалев Д.В. Проблемы управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта. Ч.2. методы мониторинга / Шихалев Д.В. // Проблемы управления. – 2022. – № 2. – С. 3-11.
2. Шихалев Д.В. Информационное обеспечение управления в системе обеспечения пожарной безопасности объекта защиты / Шихалев Д.В. // Безопасность в техносфере: Сборник статей XV международной конференции, Ижевск, 01 января – 31 2022 года / Научный редактор В.М. Колодкин. Том Выпуск 15. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2022. – С. 46-62.

3. Шихалев Д.В. Метод управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта / Шихалев Д.В. // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Материалы XXX международной конференции, Москва, 14 декабря 2022 года / Под общей редакцией Калашникова А.О., Кульбы В.В. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2022. – С. 464-469.
4. Шихалев Д.В. Мониторинг противопожарного состояния объекта в режиме реального времени / Шихалев Д.В. // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Материалы XXX международной конференции, Москва, 14 декабря 2022 года / Под общей редакцией Калашникова А.О., Кульбы В.В. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2022. – С. 459-463.
5. Береснев Д.С. Комплексный подход при планировании поисково-спасательных работ / Береснев Д.С., Мокшанцев А.В. // Проблемы техносферной безопасности-2016: Материалы V международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Москва, 12–13 апреля 2016 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2016. – С. 159-163.
6. Мокшанцев А.В. Анализ процесса проведения аварийно-спасательных работ / Мокшанцев А.В., Береснев Д.С., До Хоанг Тхань // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2019. – № 8. – С. 147-151.
7. Топольский Н.Г. Модель и алгоритм поиска пострадавших при чрезвычайных ситуациях и пожарах с использованием диаграммы Вороного / Топольский Н.Г., Мокшанцев А.В., До Хоанг Тхань // Технологии техносферной безопасности. – 2019. – № 4(86). – С. 53-61. – DOI 10.25257/TTS.2019.4.86.53-61.
8. Береснев Д.С. Оценка вероятности местонахождения объекта поиска при проведении поисково-спасательных работ в природной среде / Береснев Д.С., Мокшанцев А.В. // Фундаментальные проблемы системной безопасности: материалы III школы-семинара молодых ученых: в 2 частях, Елец, 26–28 мая 2016 года. Том Часть II. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2016. – С. 199-203.
9. Топольский Н.Г. Модели и алгоритмы автоматизации поддержки управления проведением поисково-спасательных работ / Топольский Н.Г., Мокшанцев А.В., Мешалкин Е.А. [и др.] // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – № 3(89). – С. 53-64. – DOI 10.25257/TTS.2020.3.89.53-64.
10. Мокшанцев А.В. Модель информационной системы поддержки принятия управленческих решений при проведении поисковых работ в условиях пожара / Мокшанцев А.В., Топольский Н.Г., До Хоанг Тхань // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности: Сборник тезисов докладов материалов международной научно-практической конференции, Москва, 18–19 октября 2018 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. – С. 543-547.

References

1. Shikhalev D.V. Problems of managing the fire safety system of the facility. Part 2. Monitoring methods / Shikhalev D.V. // Management problems. - 2022. – №. 2. – pp. 3-11.
2. Shikhalyov D.V. Information support of management in the fire safety system of the object of protection / Shikhalyov D.V. // Safety in the technosphere: Collection of articles of the XV international conference, Izhevsk, January 01 – 31, 2022 / Scientific editor V.M. Kolodkin. Volume Issue 15. – Izhevsk: Udmurt State University, 2022. – pp. 46-62.
3. Shikhalev D.V. Method of managing the fire safety system of an object / Shikhalev D.V. // Problems of security management of complex systems: Proceedings of the XXX International Conference, Moscow, December 14, 2022 / Under the general editorship of A.O. Kalashnikov, V.V. Kulba. – Moscow: V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences, 2022. – pp. 464-469.

4. Shikhalev D.V. Monitoring of the fire-fighting condition of an object in real time / Shikhalev D.V. // Problems of security management of complex systems: Proceedings of the XXX International conference, Moscow, December 14, 2022 / Under the general editorship of A.O. Kalashnikov, V.V. Kulba. – Moscow: V.A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences, 2022. – pp. 459-463.
5. Beresnev D.S. An integrated approach to planning search and rescue operations / Beresnev D.S., Mokshantsev A.V. // Problems of technosphere safety-2016: Materials of the V International scientific and practical conference of young scientists and specialists, Moscow, April 12-13, 2016. – Moscow: Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 2016. – pp. 159-163.
6. Mokshantsev A.V. Analysis of the process of emergency rescue operations / Mokshantsev A.V., Beresnev D. S., Do Hoang Thanh // Problems of technosphere safety: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists. – 2019. – №8. – pp. 147-151.
7. Topolsky N.G. A model and algorithm for searching for victims in emergency situations and fires using the Voronoi diagram / Topolsky N.G., Mokshantsev A.V., Do Hoang Thanh // Technosphere safety technologies. – 2019. – № 4(86). – pp. 53-61. – DOI 10.25257/TTS.2019.4.86.53-61.
8. Beresnev D.S. Assessment of the probability of the location of the search object during search and rescue operations in the natural environment / Beresnev D.S., Mokshantsev A.V. // Fundamental problems of system security: materials of the III school-seminar of young scientists: in 2 parts, Yelets, May 26-28, 2016. Volume Part II. – Yelets: I.A. Bunin Yelets State University, 2016. – pp. 199-203.
9. Topolsky N.G. Models and algorithms for automation of management support for search and rescue operations / Topolsky N.G., Mokshantsev A.V., Meshalkin E.A. [et al.] // Technosphere safety technologies. – 2020. – № 3(89). – pp. 53-64. – DOI 10.25257/TTS.2020.3.89.53-64.
10. Mokshantsev A.V. The model of the information system for supporting managerial decision-making during search operations in fire conditions / Mokshantsev A.V., Topolsky N.G., Do T.H. // Historical experience, modern problems and prospects of educational and scientific activities in the field of fire safety: A collection of abstracts of the materials of the international scientific and practical conference, Moscow, October 18-19, 2018. – Moscow: Academy of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, 2018. – pp. 543-547.

Информация об авторах

А.В. Мокшанцев - кандидат технических наук

Д.С. Береснев - кандидат технических наук

Information about the author

A.V. Mokshantsev - Ph.D. of Engineering Sciences

D.S. Beresnev - Ph.D. of Engineering Sciences

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 05.12.2024, одобрена после рецензирования 18.03.2025, принята к публикации 20.03.2025.

The article was submitted 05.12.2024, approved after reviewing 18.03.2025, accepted for publication 20.03.2025.