

УДК 519.85:614.27

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.49.1.018](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.49.1.018)

Оптимизация номенклатурно-объемного баланса поставщиков и потребителей при управлении в организационной системе лекарственного обеспечения

Н.Н. Шведов✉, Я.Е. Львович

*Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Российская Федерация*

Резюме. В статье рассматриваются подходы и инструменты, направленные на совершенствование интеллектуального управления номенклатурной составляющей в системе лекарственного обеспечения с применением задач оптимизации. Речь идет о соотношении между перечнем лекарственных препаратов и их количественным распределением таким образом, чтобы учитывалась степень сбалансированности спроса и предложения. Проблема заключается в недостаточной координации потоков лекарственных препаратов, несбалансированности запасов и неэффективного распределения ресурсов. Все эти факторы приводят к росту издержек и снижению доступности жизненно необходимых препаратов для конечных потребителей. Эффективное управление номенклатурно-объемным балансом позволяет избежать дефицита, избыточных запасов и повысить устойчивость системы лекарственного обеспечения, обеспечивая оптимальные запасы и доступность лекарств. Основное внимание уделяется применению оптимизационных задач и экспертным оценкам их параметров при управлении цифровым взаимодействием поставщиков и потребителей, позволяющем повысить точность в контроле над ассортиментом и спросом. Под контролем подразумевается минимизация дефицита или избытков запасов, гарантируя наличие необходимых лекарственных препаратов для конечного потребителя. Результаты исследования использованы для разработки интеллектуальной подсистемы поддержки управленческих решений, способствующей сбалансированному управлению ресурсами и повышению доступности лекарственных препаратов.

Ключевые слова: организационная система, лекарственное обеспечение, управление, оптимизация, экспертное оценивание.

Для цитирования: Шведов Н.Н., Львович Я.Е. Оптимизация номенклатурно-объемного баланса поставщиков и потребителей при управлении в организационной системе лекарственного обеспечения. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1885> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.1.018

Optimization of the nomenclature-volume balance of suppliers and consumers in the management of the organizational system of drug supply

N.N. Shvedov✉, Ya.E. Lvovich

Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation

Abstract. The article discusses approaches and tools aimed at improving the intelligent management of the nomenclature component in the drug supply system using optimization problems. We are talking about the relationship between the list of drugs and their quantitative distribution in such a way that the degree of balance between supply and demand is taken into account. The problem lies in insufficient coordination of drug flows, imbalances in stocks and inefficient distribution of resources. All these factors lead to increased costs and reduced availability of vital drugs for end consumers. Effective

management of the nomenclature-volume balance allows you to avoid shortages, excess stocks and increase the sustainability of the drug supply system, ensuring optimal stocks and availability of drugs. The main attention is paid to the use of optimization problems and expert assessments of their parameters in managing the digital interaction of suppliers and consumers, which allows for increased accuracy in controlling the range and demand. Control means minimizing shortages or excess stocks, guaranteeing the availability of the necessary drugs for the end consumer. The results of the study were used to develop an intelligent subsystem for supporting management decisions, promoting balanced resource management and increasing the availability of drugs.

Keywords: organizational system, drug provision, management, optimization, expert assessment.

For citation: Shvedov N.N., Lvovich Ya.E. Optimization of the nomenclature-volume balance of suppliers and consumers in the management of the organizational system of drug supply. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(2). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1885> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.1.018

Введение

Система лекарственного обеспечения является характерной разновидностью организационной системы, в которой принятие управленческих решений осуществляется на основе взаимодействия управляющих органов поставщиков и потребителей лекарственных препаратов (ЛП) [1]. Эти решения направлены на реализацию следующих задач:

- управление номенклатурно-объемной составляющей поставок ЛП;
- управление финансовой составляющей;
- управление логистической составляющей.

С учетом процесса активной цифровизации лекарственного обеспечения возникает возможность повышения эффективности управленческих решений на основе цифрового управления с использованием цифрового подхода [2].

Оптимизация управления номенклатурной составляющей в системе лекарственного обеспечения становится важной задачей, суть которой заключается в оптимальном распределении лекарственных препаратов между поставщиками и потребителями, а также балансировка спроса и предложения. В условиях растущих требований и динамичного, зачастую непредсказуемого характера спроса дефицит лекарств (особенно жизненно важных) и, наоборот, избыток препаратов с ограниченным сроком годности приводят к увеличению издержек, снижению доступности лекарственных средств и рискам для здоровья пациентов в медицинских учреждениях и конечных потребителей [3].

Актуальность такого исследования определяется необходимостью совершенствования механизмов оптимизации ассортимента (номенклатуры) лекарственных средств во избежание как дефицита, так и излишков на местах хранения. Это будет определяться исходя из запасов на складах, потребностей потребителей и значимости поставки в определенный срок. Анализ существующих проблем показывает, что задержки в доставке, нерациональное формирование складских запасов и неэффективное распределение препаратов между медицинскими учреждениями и аптечными организациями ведут к снижению эффективности системы в целом [4]. Учитывая активное внедрение цифровых технологий в сферу здравоохранения, особую значимость приобретает применение организационных систем и алгоритмов цифрового взаимодействия, способных повысить точность управления номенклатурной составляющей.

Целью статьи является разработка и обоснование методов эффективного управления номенклатурно-объемным балансом в системе лекарственного обеспечения

с использованием методов оптимизации и экспертного оценивания. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- структуризация организационной системы лекарственного обеспечения;
- формирование экспертных оценок и оптимизационной модели управления номенклатурно-объемным балансом.

Структуризация организационной системы лекарственного обеспечения

Система лекарственного обеспечения представляет собой сложный механизм на основе функционирования нескольких взаимосвязанных потоков:

- материальный поток поставок лекарственных препаратов;
- поток сводных заявок от аптечных и медицинских организаций;
- поток финансовых средств от потребителей.

Материальный поток представлен в виде готовой продукции – лекарственных препаратов и медикаментов, охватывая их поставки от производителей и оптовых дистрибьюторов к медицинским учреждениям, аптекам и конечным потребителям. Производитель фиксирует информацию о произведенных препаратах в системе мониторинга движения лекарственных препаратов (МДЛП), используя DataMatrix-код на упаковке. Далее, при приобретении товара грузоотправителем, дистрибьютор также уведомляет систему о совершенной сделке. Важно подчеркнуть, что любая операция с лекарственными средствами, включая отправку партнеру, приемку на склад, перемещение между объектами хранения и использования, должна быть зарегистрирована в МДЛП [5]. Это обеспечивает возможность отслеживания текущего владельца товара и его статуса на каждом этапе распределения.

Формирование второго потока начинается с оформления сводных заявок. Надо сказать, что это не просто обмен документами – это цифровая цепочка принятия решений, объединяющая реальные потребности, логистику, финансовое планирование и нормативные показатели. Медицинские и аптечные учреждения формируют заявки на поставку лекарств, учитывающих потребности населения, нормативные требования, государственные программы и коммерческие интересы. Сводная заявка содержит не просто наименование препарата. Она включает точные параметры, такие как международное непатентованное наименование, лекарственную форму, дозировку, упаковку, количество и период получения. От точности планирования этого потока зависит баланс спроса и предложения.

Финансовое обеспечение, в свою очередь, включает движение денежных средств, формируя многослойную структуру, где сочетаются государственные субсидии, страховые выплаты, закупки по государственным контрактам, а также личные расходы граждан. Это сложная система, где каждый рубль проходит через прозрачные, но строго регламентированные этапы – от пациента, через учреждения и информационные системы, к поставщику. Поток финансовых средств определяет реальную возможность приобретения препаратов и устойчивость всей системы.

На Рисунке 1 показана схема взаимодействия участников в системе лекарственного обеспечения.

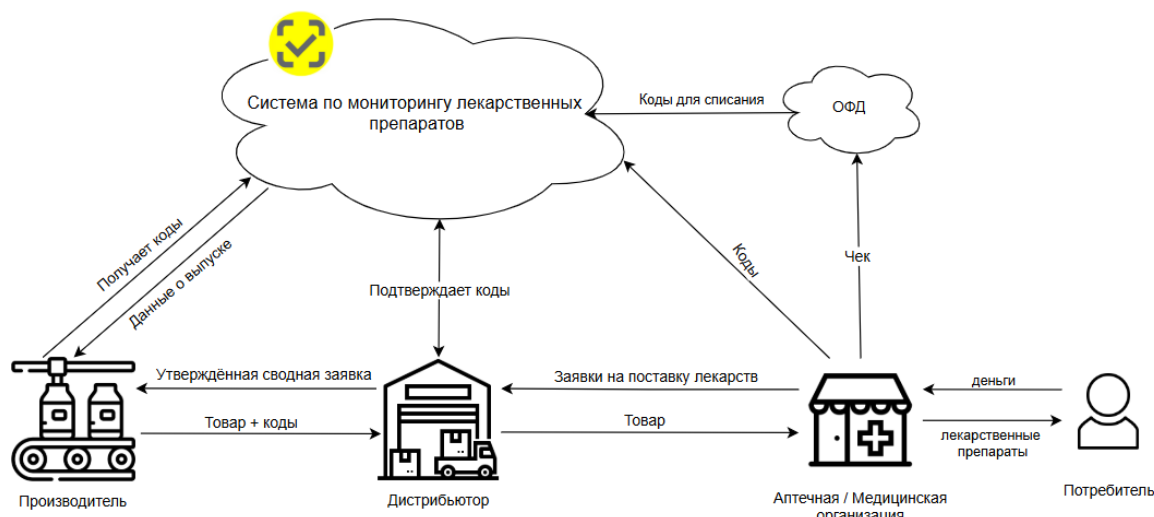


Рисунок 1 – Схема взаимодействия участников в системе лекарственного обеспечения
Figure 1 – Scheme of interaction of participants in the drug supply system

Как было сказано ранее, медицинские и аптечные организации формируют сводные заявки на поставку лекарственных средств, ориентируясь на потребности потребителей, нормативные требования, государственные программы и коммерческие интересы. Однако без четко сбалансированной и рациональной системы управления заявками возникают дисбалансы, приводящие к перебоям в снабжении, неликвидным остаткам и избыточным закупкам [6]. Решение этой проблемы возможно за счет внедрения методов рационального распределения ограниченных финансовых ресурсов между различными группами лекарственных препаратов. Это требует эффективного механизма управления заявками потребителей, обеспечивающего сбалансированное взаимодействие между поставщиками и потребителями. Предлагается метод оптимизации заявок потребителей ЛП с учетом финансового обеспечения, основанный на формировании экспертных оценок и оптимизационной модели управления.

Постановка задачи звучит следующим образом. Рассматривается организационная система лекарственного обеспечения, в которой множество потребителей (медицинских организаций, аптечных сетей) формируют заявки на поставку лекарственных препаратов. Основная цель – оптимизация заявок таким образом, чтобы максимизировать обеспеченность важнейшими ЛП при наличии ограниченного финансового ресурса потребителя.

Формирование оптимальной заявки на поставку лекарственных средств зависит от следующих составляющих:

- номенклатуры необходимых лекарственных препаратов и медикаментов;
- финансовый ресурс потребителя;
- приоритетности лекарственных позиций.

Пусть задано нумерационное множество потребителей лекарственных препаратов $i = \overline{1, I}$, где I – общее число потребителей.

Перечисленные выше составляющие учитываются при формализованной постановке задачи управления с использованием оптимизационной модели на следующих этапах: введение оптимизируемых переменных, математическое описание зависимости экстремального и граничных требований от оптимизируемых переменных. Так, первая составляющая влияет на формализацию множества оптимизируемых переменных, вторая – на математическое описание экстремального требования, третья – на установление граничных требований.

Для каждого i -го потребителя определено нумерационное множество n_i , характеризующее номенклатуру лекарственных препаратов $n_i = \overline{1, N_i}$, где N_i – общее количество доступных позиций ЛП для потребителя. Каждый препарат характеризуется:

- α_{n_i} – коэффициент значимости n_i -го ЛП. Отражает приоритетность доставки данного препарата в заданный срок. Определяется экспертным путем с учетом запаса и расхода ЛП;
- $V_{n_i}^0$ – потребность i -го потребителя в n_i -м ЛП или заявленный объем потребления (количество упаковок);
- c_{n_i} – стоимость одной единицы n -го ЛП с учетом доставки;
- c_i – плановый финансовый ресурс i -го потребителя.

Оптимизируемая переменная x_{n_i} принимает булевы числа и определяет, включаем ли данный препарат в заявку. Она должна соответствовать выражению:

$$x_{n_i} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й потребитель заказывает } n\text{-й ЛП} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, n_i = \overline{1, N_i}. \quad (1)$$

Коэффициенты $V_{n_i}^0$ и α_{n_i} определяется экспертным путем в зависимости от запасов ЛП, их расхода за определенный период. α_{n_i} должен соответствовать выражению:

$$0 \leq \alpha_{n_i} \leq 1, \sum_{n_i=1}^{N_i} \alpha_{n_i} = 1, i = \overline{1, I}. \quad (2)$$

Введение коэффициента значимости α_{n_i} позволяет регулировать баланс между запасами, расходами и поставками от альтернативных поставщиков в отличие от оптимизационного подхода [7] с использованием методов экспертного оценивания [8]. Предлагается применить метод количественной оценки на основе определения экспертом градаций лингвистических переменных [8] в рамках следующей модели:

$$\begin{aligned} &< \text{уровень значимости } n_i\text{-го ЛП} > = < \text{допустимо изменить} \\ &\text{объём запасов ЛП на складе} > \text{ и } < \text{необходимо выполнить} \\ &\text{условия расхода ЛП} >. \end{aligned} \quad (3)$$

В качестве термов τ_1 , τ_2 будем использовать следующие градации лингвистических переменных в правой части модели (3):

- 1) $\tau_1 = \{\text{увеличить, уменьшить, уравнять, безразлично}\};$
- 2) $\tau_2 = \{\text{сильно, существенно, несколько, немного, мало}\}.$

В зависимости от градаций, указанных экспертом, на основе аналитических зависимостей, определяется значение функций принадлежности [8]:

- $\mu_{n_i}^1$ – соответствует лингвистической переменной $<\text{допустимо изменить объём запасов ЛП на складе}>$;
- $\mu_{n_i}^2$ – соответствует лингвистической переменной $<\text{необходимо выполнить условия расхода ЛП}>$.

Тогда с учетом правой части модели (3) находится значение функции принадлежности μ лингвистической переменной $<\text{уровень значимости } n_i\text{-го ЛП}>$:

$$\mu_{n_i} = \mu_{n_i}^1 \times \mu_{n_i}^2, n_i = \overline{1, N_i}, i = \overline{1, I}. \quad (4)$$

С использованием выражения (4) вычисляются параметры экстремального требования:

$$\alpha_{n_i} = \frac{\mu_{n_i}}{\sum_{i=1}^I \sum_{n_i=1}^{N_i} \mu_{n_i}}, n_i = \overline{1, N_i}, i = \overline{1, I}. \quad (5)$$

Задача принятия управленческого решения формулируется как многоальтернативная оптимизационная задача [9] по максимизации суммарной значимости заказанных ЛП при соблюдении бюджетных ограничений для каждого i -го потребителя. Целевая функция имеет вид, представленный формулой:

$$\sum_{n_i=1}^N \alpha_{n_i} \cdot x_{n_i} \rightarrow \max. \quad (6)$$

Ограничение по финансовым ресурсам имеет вид, представленный формулой:

$$\sum_{n_i=1}^N c_{n_i} \cdot V_{n_i}^0 \cdot x_{n_i} \leq c_i. \quad (7)$$

Бинарное ограничение на переменные должно соответствовать выражению:

$$x_{n_i} = \begin{cases} 1, & n_i = 1, N_i. \\ 0, & \end{cases} \quad (8)$$

На Рисунке 2 представлена структурная схема многоальтернативной оптимизационной задачи по максимизации суммарной значимости заказанных ЛП при соблюдении бюджетных ограничений для каждого i -го потребителя.

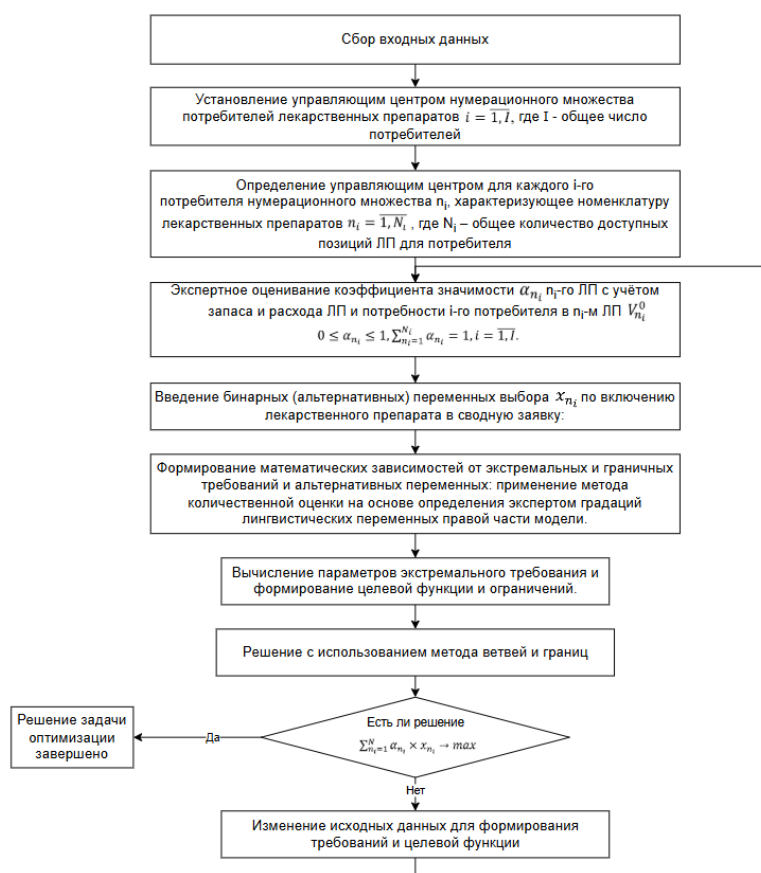


Рисунок 2 – Структурная схема многоальтернативной оптимизационной задачи по максимизации суммарной значимости заказанных ЛП

Figure 2 – Structural diagram of a multi-alternative optimization problem for maximizing the total significance of ordered medicinal products

Для решения предложенной задачи предполагается использование метода ветвей и границ [10]. Он является одним из эффективных алгоритмов для целочисленного программирования. Данный метод позволяет найти глобально оптимальное решение за

счет систематического разбиения пространства решений и оценки границ оптимальности на каждом этапе итеративного процесса.

Применение метода ветвей и границ особенно актуально для оптимизации сводных заявок на поставку лекарственных средств, где необходимо учитывать множество параметров, таких как номенклатуры необходимых лекарственных препаратов и медикаментов, финансовый ресурс потребителя и приоритетности лекарственных позиций. Разбиение задачи на подзадачи позволяет эффективно распределять ресурсы, минимизировать затраты и предотвращать дефицит или избыточные запасы медикаментов. Благодаря своей гибкости и возможности адаптации к различным классам задач, данный метод остается одним из ключевых инструментов в операционных исследованиях, математическом программировании и теории оптимизации.

Заключение

Повышение эффективности управления системой лекарственного обеспечения как организационной системой достигается за счет формирования многоальтернативной оптимизационной задачи номенклатурно-объемного баланса поставщиков и потребителей и ее решения с использованием метода ветвей и границ.

Структуризация функционирования организационной системы лекарственного обеспечения позволяет выделить множество параметров, необходимых для формализованной постановки задачи оптимизации.

С целью формирования экстремального требования при принятии управленческого решения на основе оптимизационной модели требуется установить приоритетность поставок в зависимости от запасов и расходов ЛП с использованием экспертных оценок градаций переменных лингвистической модели.

Введение альтернативных переменных и объединение зависимости от них экстремального и граничных требований дает возможность получить многоальтернативную оптимизационную модель, позволяющую выбрать управленческое решение с использованием метода ветвей и границ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами*. Москва: ЛЕНАНД; 2022. 500 с.
2. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2021. 191 с.
3. Карпов О.Э., Никитенко Д.Н. Автоматизация системы лекарственного обеспечения. База данных лекарственных средств многопрофильной медицинской организации. *Врач и информационные технологии*. 2018;(3):29–44.
Karpov O.E., Nikitenko D.N. Automation of the Medical Supply System. Database of Medicinal Means of a Multidisciplinary Medical Organization. *Medical Doctor and IT*. 2018;(3):29–44. (In Russ.).
4. Васильченко И.Д. Разработка веб-сервиса для поиска лекарственных препаратов. *Шаг в науку*. 2017;(3):35–39.
Vasilchenko I.D. Development of Web Service for Searching for Medicine Preparations. *Step to Science*. 2017;(3):35–39. (In Russ.).
5. Карпов О.Э., Никитенко Д.Н., Нуштаева Е.М. Настройка и автоматизация процессов лекарственного обеспечения в медицинской организации при работе в системе мониторинга движения лекарственных препаратов. *Вестник*

- Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2019;14(3):90–97.
<https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2019.23.15.019>
- Karpov O.E., Nikitenko D.N., Nushtaeva E.M. Setting and Automation of Drug Provision of Medical Organizations in the Work in the Monitoring System of the Movement of Drugs. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2019;14(3):90–97. (In Russ.). <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2019.23.15.019>
6. Наркевич И.А., Баранкина Т.А., Богданов В.В., Якименко О.Н., Едунова Т.Е. Оптимизация закупок лекарственных препаратов для стационара многопрофильной медицинской организации. *Сибирское медицинское обозрение*. 2013;(2):90–93.
Narkevich I.A., Barankina T.A., Bogdanov V.V., Yakimenko O.N., Yedunova T.E. Optimization of Procurements of Medicines for Hospital of Multidisciplinary Medical Organization. *Siberian Medical Review*. 2013;(2):90–93. (In Russ.).
7. Гранин С.С., Мандель А.С. Оптимизация процесса управления запасами в цепи поставок при наличии альтернативных поставщиков. *Проблемы управления*. 2018;(6):24–28. <https://doi.org/10.25728/pu.2018.6.3>
Granin S.S., Mandel A.S. Optimization of Inventory Management Process in a Supply Chain Having Alternative Suppliers. *Control Sciences*. 2018;(6):24–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.25728/pu.2018.6.3>
8. Львович И.Я. *Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2023. 232 с.
9. Львович Я.Е. *Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения*. Воронеж: Издательство «Кварта»; 2006. 415 с.
10. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. *Информационные технологии моделирования и оптимизации. Краткая теория и приложения*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2016. 444 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шведов Николай Николаевич, аспирант, **Nikolay N. Shvedov**, Postgraduate, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация. State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.
e-mail: nik.shvedov.2018@mail.ru

Львович Яков Евсеевич, доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация. **Yakov E. Lvovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.
e-mail: office@vvt.ru
ORCID: [0000-0002-7051-3763](https://orcid.org/0000-0002-7051-3763)

Статья поступила в редакцию 07.04.2025; одобрена после рецензирования 24.04.2025; принята к публикации 30.04.2025.

The article was submitted 07.04.2025; approved after reviewing 24.04.2025; accepted for publication 30.04.2025.