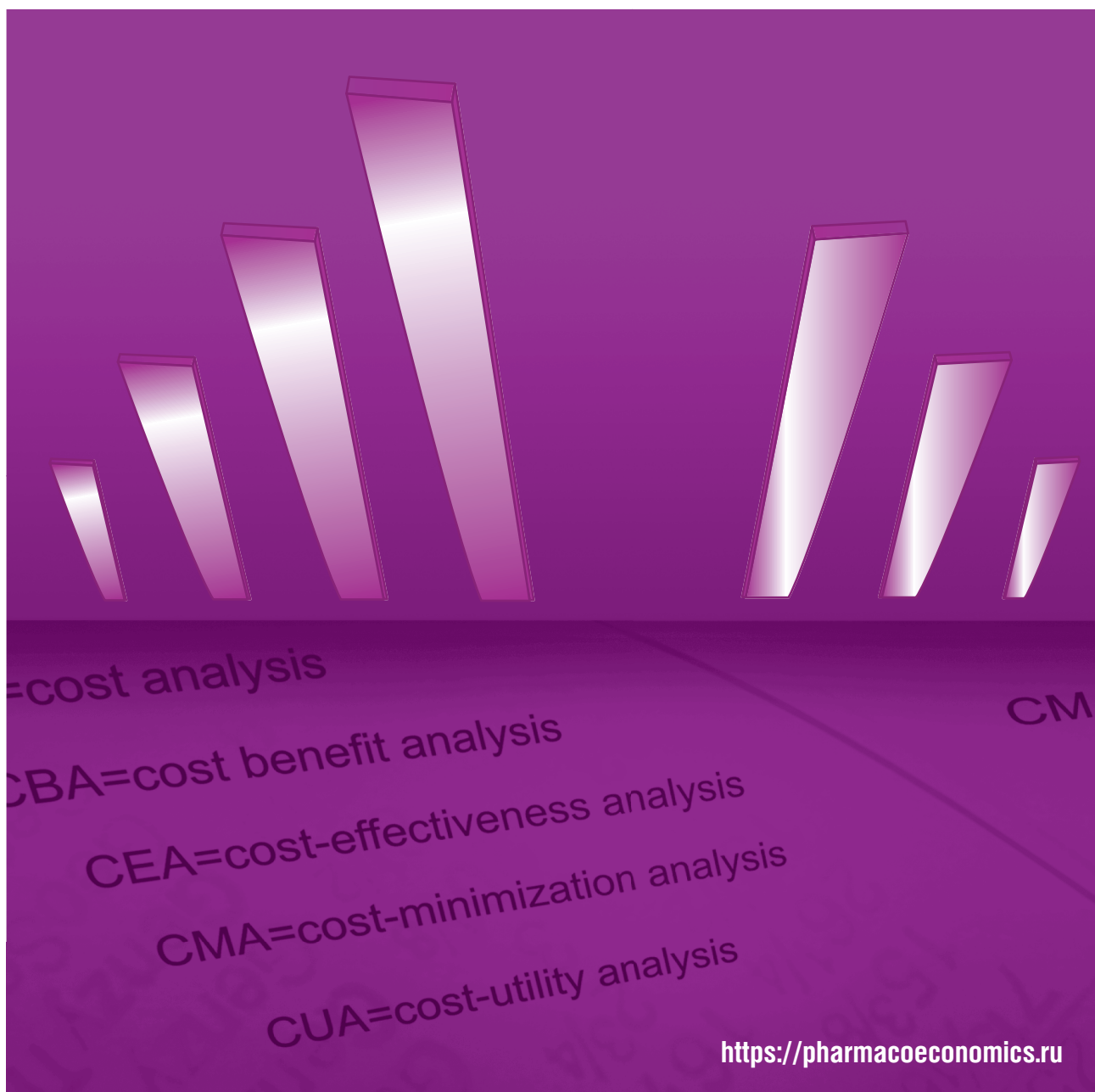


Фармакоэкономика

Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология



FARMAKOEKONOMIKA

Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology

2024 Vol. 17 No. 2

№2

Том 17

2024



<https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.246>

ISSN 2070-4909 (print)

ISSN 2070-4933 (online)

Математическое моделирование и анализ тенденций экспорта отдельных групп фармпрепаратов

А.Р. Шайхисламова, Н.А. Гасратова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (Университетский пр-т, д. 7-9, Санкт-Петербург 199034, Россия)

Для контактов: Алина Ринатовна Шайхисламова, e-mail: st091115@student.spbu.ru

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Анализ экспорта лекарственных препаратов Российской Федерации (РФ) в соответствии с группой 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) Евразийского экономического союза является важной задачей для определения экономического потенциала страны в фармацевтической отрасли.

Цель: построить регрессионную модель экспорта и разработать альтернативную математическую модель экспорта фармпродукции, пригодную для прогнозирования объемов продаж.

Материал и методы. Статистические данные по экспорту ТН ВЭД 30 с 2010 по 2021 гг. взяты из открытого источника Международного торгового центра (англ. International Trade Centre) Trade Map. Данные за 2022 г. и позже по РФ в открытых источниках отсутствуют. Для сбора статистики объемов экспорта и импорта по годовым данным регистрация на сайте не требуется. Использовались известные статистические методы и методы математического моделирования. В частности, в работе получил развитие альтернативный подход к регрессионному анализу. Технический анализ данных проводился при помощи программного обеспечения MAPLE (Watcom Products Inc., Канада) и R (Bell Laboratories, США).

Результаты. Построены две модели: Модель I – дифференциальная модель, основанная на кумулятивных данных по годам, Модель II – модель стандартного регрессионного анализа, входными параметрами которой являлись квартальные данные экспорта, а влияющими параметрами – определенная группа факторов. Модель I позволяет учесть динамику изменения экспорта фармпрепаратов во времени (учет динамических факторов и нелинейных взаимодействий). Модель II, в свою очередь, дает возможность определить зависимость объема экспорта фармпрепаратов от различных экономических показателей, таких как валовой внутренний продукт, объем государственных закупок и меры протекционизма. Относительная погрешность Модели I не превышает 10%, что делает ее пригодной для прогнозирования.

Заключение. Построение и анализ указанных моделей помогает предоставить основную информацию о тенденциях экспорта фармпрепаратов РФ и оценить его потенциал на мировом рынке. Полученные результаты могут быть полезны для разработки стратегий развития фармацевтической отрасли, принятия управленческих решений и прогнозирования будущих экспортных поставок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Фармацевтический рынок, коммерческий сектор, внешнеторговый товарооборот, математическое моделирование, динамика продаж, ТН ВЭД 30, математическая модель импорта и экспорта.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Поступила: 22.03.2024. В доработанном виде: 08.05.2024. Принята к печати: 27.05.2024. Опубликовано онлайн: 30.05.2024.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии необходимости раскрытия конфликта интересов в отношении данной публикации.

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Для цитирования

Шайхисламова А.Р., Гасратова Н.А. Математическое моделирование и анализ тенденций экспорта отдельных групп фармпрепаратов. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.* 2024; 17 (2): 152–162. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.246>.

Mathematical modeling and analysis of export trends for certain pharmaceutical groups

A.R. Shaikhislamova, N.A. Gasratova

Saint Petersburg State University (7-9 Universitetsky Ave., Saint Petersburg 199034, Russia)

Corresponding author: Alina R. Shaikhislamova, e-mail: st091115@student.spbu.ru

SUMMARY

Background. The analysis of the exports of medicines of the Russian Federation (RF) by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity of the Eurasian Economic Union (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) is an important task for determining the economic potential of the country in the pharmaceutical industry.

Objective: building an export regression model and developing an alternative mathematical model of pharmaceutical products' export, suitable for making the forecast.

Material and methods. Statistical data on HS 30 exports from 2010 to 2021 were taken from an open source: The International Trade Center (Trade Map). Data for 2022 and later for the Russian Federation are not available in open sources. Registration on the website is not required to collect statistics on export and import volumes based on annual data. The well-known statistical methods and methods of mathematical modeling were used. An alternative approach to regression analysis was developed. Technical data analysis was performed using MAPLE (Watcom Products Inc., Canada) and R (Bell Laboratories, USA) software.

Results. Two models were constructed: Model I – a differential model based on cumulative data by year, and Model II – a model of standard regression analysis, the input parameters of which were quarterly export data, and the influencing parameters were a certain group of factors. Model I allowed considering the dynamics of changes in pharmaceutical exports over time (dynamic factors and nonlinear interactions). Model II, in turn, made it possible to determine the dependence of the volume of pharmaceutical exports on various economic indicators, such as gross domestic product, the volume of government procurement, and measures of protectionism. The relative error of Model I does not exceed 10%, which makes it suitable for forecasting.

Conclusion. The construction and analysis of specified models help to provide main information about the trends in pharmaceutical product exports in the RF and assess its potential in the global market. The obtained results can be useful for elaborating strategies of the pharmaceutical industry development, making management decisions and forecasting future exports.

KEYWORDS

Pharmaceutical market, commercial sector, foreign trade turnover, mathematical modeling, sales dynamics, HS 30, mathematical model for imports and exports.

ARTICLE INFORMATION

Received: 22.03.2024. **Revision received:** 08.05.2024. **Accepted:** 27.05.2024. **Published online:** 30.05.2024.

Conflict of interests

The authors declare they have nothing to disclose regarding the conflict of interests with respect to this manuscript.

Authors' contribution

The authors contributed equally to this article.

For citation

Shaikhislamova A.R., Gasratova N.A. Mathematical modeling and analysis of export trends for certain pharmaceutical groups. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya* / *FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2024; 17 (2): 152–162 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.246>.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Состояние фармацевтического сектора в Российской Федерации (РФ) в настоящее время можно охарактеризовать как динамичное и развивающееся. Многие отечественные компании активно инвестируют в исследования и разработки новых лекарственных препаратов, что способствует расширению производства и разнообразию предлагаемой на рынке продукции.

Отрасль фармацевтики является одной из наиболее конкурентоспособных в мировой экономике, поэтому важно уделять внимание развитию экспорта фармацевтических препаратов. Однако внешняя торговля фармпрепаратами в РФ за последние годы испытывала определенные сложности, связанные с логистической составляющей, по причине санкций и внешнеторговых ограничений [1, 2].

Анализ экспорта российских лекарственных препаратов в соответствии с группой 30 (фармацевтическая продукция) товарной

номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) Евразийского экономического союза – важная задача для определения экономического потенциала страны в фармацевтической отрасли. Группа ТН ВЭД 30 включает шесть подгрупп [3]:

- 3001 – железы и прочие органы, предназначенные для органотерапии;
- 3002 – кровь человеческая, кровь животных, приготовленная для использования в терапевтических, профилактических или диагностических целях; сыворотки иммунные;
- 3003 – лекарственные средства, не расфасованные в виде дозированных лекарственных форм и в упаковки для розничной продажи;
- 3004 – лекарственные средства, расфасованные в виде дозированных лекарственных форм и в упаковки для розничной продажи;
- 3005 – вата, марля, бинты и аналогичные изделия;

Основные моменты

Что уже известно об этой теме?

- Основными тенденциями российского экспорта по группе ТН ВЭД 30 являются увеличение объемов экспорта в страны СНГ и Европы, расширение ассортимента экспортной продукции и присутствия на новых рынках в странах Азии, Африки и Латинской Америки, а также развитие экспорта дженериков, противораковых препаратов и антибиотиков
- Для описания тенденций импорта и экспорта в основном используется метод регрессионного анализа, который позволяет определять зависимость между различными факторами
- Другим полезным методом эконометрического моделирования и прогнозирования считаются модели авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA)

Что нового дает статья?

- Предложена альтернативная математическая модель для анализа и прогнозирования тенденций импорта и экспорта ТН ВЭД 30, обладающая преимуществами по качеству учета динамических факторов и нелинейных взаимодействий
- Проведен сравнительный анализ регрессионной и дифференциальной моделей, даны прогнозные значения по экспорту фармпрепаратов. Определены наиболее существенные факторы, которые влияют на экспорт: валовой внутренний продукт, меры протекционизма и государственные закупки

Как это может повлиять на клиническую практику в обозримом будущем?

- Анализ рынка фармпрепаратов позволит более эффективно организовывать здравоохранение, избегая пиковых дефицитов тех или иных групп препаратов, а также, эффективно перераспределяя средства на их закупку, высвобождать ресурсы для других направлений
- По результатам анализа назначений конкретных препаратов можно отслеживать их спрос и при наложении на него сведений об отдаленных последствиях их применения прогнозировать рост определенных диагнозов в будущем

– 3006 – фармацевтическая продукция, упомянутая в примечании 4 к данной группе.

Анализ абсолютных и накопительных данных экспорта позволяет выявить основные тенденции, проблемы и перспективы развития экспорта фармпрепаратов, а также определить необходимые меры для его поддержки и стимулирования.

Цель – построить регрессионную модель экспорта и разработать альтернативную математическую модель экспорта фармпродукции, пригодную для прогнозирования объемов продаж.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS

Экспорт фармпрепаратов / Exports of pharmaceuticals

В 2021 г. экспорт фармпрепаратов РФ в соответствии с ТН ВЭД 30 составил 2,5 млрд долл. США (186 млрд руб.) [4]. Сравнительный анализ данных с предыдущими годами показывает, что экспорт фармпрепаратов РФ в указанной категории имеет положительную динамику (**рис. 1**).

Основными потребителями фармпрепаратов РФ являются страны Содружества Независимых Государств (СНГ), Европейского союза (ЕС), а также Аргентина, Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ), Мексика (**рис. 2**). Эти страны представляют значительный объем рынка и обладают высоким спросом на качественные фармацевтические продукты.

Следует отметить, что Аргентина, Мексика, ОАЭ не являются постоянными потребителями лекарственных препаратов из РФ, а вошли в топ стран по долям экспорта благодаря огромной закупке вакцин. Так, в 2021 г. объем экспорта по подгруппе 3002 (точнее, по коду ТН ВЭД 300220 «Прочие вакцины для людей»,

Highlights

What is already known about the subject?

- The main Russian export trends for the HS 30 group are the following: an increasing export to the CIS and Europe; an expanding export product range and presence in new markets of Asian, African and Latin American countries; development of generics, anticancer drugs and antibiotics exports
- Regression analysis method is mainly used to describe import-export trends, which allows detecting the interconnection between different variables
- Autoregression and integrated moving average (ARIMA) models are considered to be another useful method of econometric modeling and forecasting

What are the new findings?

- An alternative mathematical model was proposed for the HS 30 import-export trends analysis and forecasting, having advantages in consideration of dynamic factors and nonlinear interactions
- The comparative analysis of regression and differential models was performed, the forecast values for drug exports were given. The most significant factors affecting the exports of pharmaceuticals were identified: gross domestic product, protectionism measures and government procurement

How might it impact the clinical practice in the foreseeable future?

- Analysis of the pharmaceutical market will allow organizing healthcare more effectively, avoiding peak shortages of certain groups of drugs, as well as freeing up resources for other areas, effectively redistributing funds for drug purchase
- Based on the results of the analysis of prescriptions for specific drugs we can track their demand and, when overlaid with information about the long-term effects of their use, predict the growth of certain diagnoses in future

включающему поставки вакцин от клещевого энцефалита, комбинированных вакцин против дифтерии, столбняка и коклюша, гепатита А), а также экспорта вакцин от коронавируса составил 103,7 млрд руб. (1,4 млрд долл. США) в денежном выражении и 3552 т в количественном выражении. Данные цифры, судя по открытым статистическим источникам, являются рекордными за последние 10 лет. Рост стоимости в рублях (долларах США) и количества экспортной продукции по сравнению с 2020 г. составил 1932% (1885%) и 1930% соответственно [4]. Объем экспорта ТН ВЭД 300220 в Аргентину, Мексику и ОАЭ достиг 207, 199 и 197 млн долл. США соответственно, и это основное, что страны закупили в РФ из фармацевтической продукции в 2021 г. (**табл. 1**).

Основными экспортными товарами в категории фармацевтической продукции являются препараты для лечения сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний, заболеваний нервной системы, а также иммуномодулирующие средства. Отметим, что в 2021 г. значительную долю рынка занимали вакцины от COVID-19. Совокупно в 2021 г. РФ поставила на внутренний и внешний рынки около 233 млн доз, на экспорт ушло порядка 93 млн доз. Такой объем позволил стране занять 5-е место в мире по объему производства и экспорта вакцин от коронавируса [5].

Однако, несмотря на выросший в 2021 г. спрос на вакцины и увеличение объемов экспорта, пандемия в целом оказала негативное влияние не только на повседневную жизнь людей, но и на социально-экономическое развитие страны [6].

Обзор литературы / Literature review

Основным подходом для моделирования внешнеторговых операций является регрессионный многофакторный анализ [7].

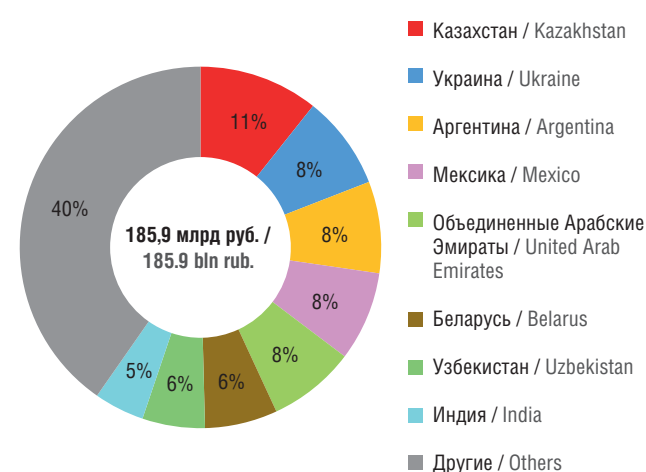
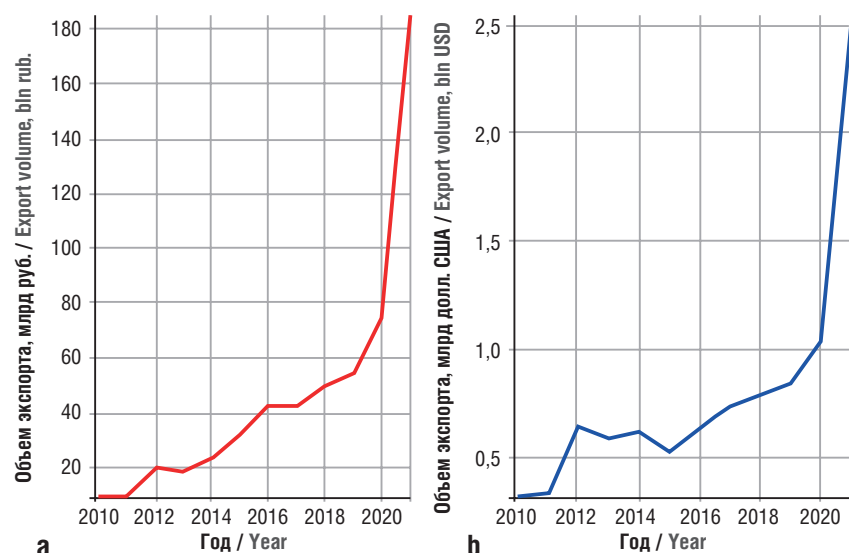


Рисунок 2. Экспорт Российской Федерации по группе 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) в 2021 г. (построено авторами на основе данных [4])

Figure 2. Exports of the Russian Federation by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) in 2021 (plotted by the authors based on data from [4])

Преимущество регрессии заключается в рассмотрении большого количества влияющих факторов и интенсивности их влияния на искомый показатель.

Так, Е.В. Сотченко рассматривает построение многофакторной регрессии для металлопродукции, где в качестве факторов взяты показатели валового внутреннего продукта (ВВП), объем произ-

водства продукции, инвестиции в основной капитал, валютный курс и др. [7]. В работе С.Ю. Ширнаевой построены две регрессионные модели экспорта товаров РФ (первая – во все страны, вторая – в страны дальнего зарубежья и СНГ), где независимыми переменными были показатели курса валют, индексы цен, объемы платных услуг и др. [8]. Данный метод также применим для моделирования внешнего товарооборота в сфере медицины [9].

В публикации Е.В. Горыни и др. [10] рассмотрен альтернативный подход к регрессионному анализу. В настоящем исследовании указанный подход модифицирован.

Вместе с тем анализ рынка лекарственных препаратов в научной литературе в основном либо имеет маркетинговый характер [11], либо ограничивается сроком до 5 лет [12–14].

Модель I: дифференциальная модель / Model I: differential model

Дифференциальная модель экспорта РФ основана на аналитической зависимости вида [10]:

$$N(t) = \frac{N_0 N^{\max}}{N_0 + (N^{\max} - N_0)e^{-\mu t}}, \quad (1)$$

являющейся решением дифференциального уравнения:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \mu N(t) \left(1 - \frac{N(t)}{N^{\max}}\right), \quad (2)$$

где $N(t)$ – количество реализованного продукта на момент времени t ; N_0 – количество реализованного продукта до начального момента времени; $N^{\max}$ – максимальное количество продукта,

Таблица 1. Экспорт Российской Федерации по группе 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) в Аргентину, Мексику и Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ) в 2021 г., млрд руб. (по данным [4])

Table 1. Exports of the Russian Federation by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) to Argentina, Mexico and the United Arab Emirates (UAE) in 2021, bln rub. (after [4])

Код товара / Goods code	Аргентина / Argentina	Мексика / Mexico	ОАЭ / UAE
3004	0,0000	0,2164	0,0046
3006	0,0000	0,0000	0,0076
3002	15,2506	14,6672	14,5191
3003	0,0000	0,0000	0,0000
3001	0,0000	0,0007	0,0000
3005	0,0000	0,0000	0,0001

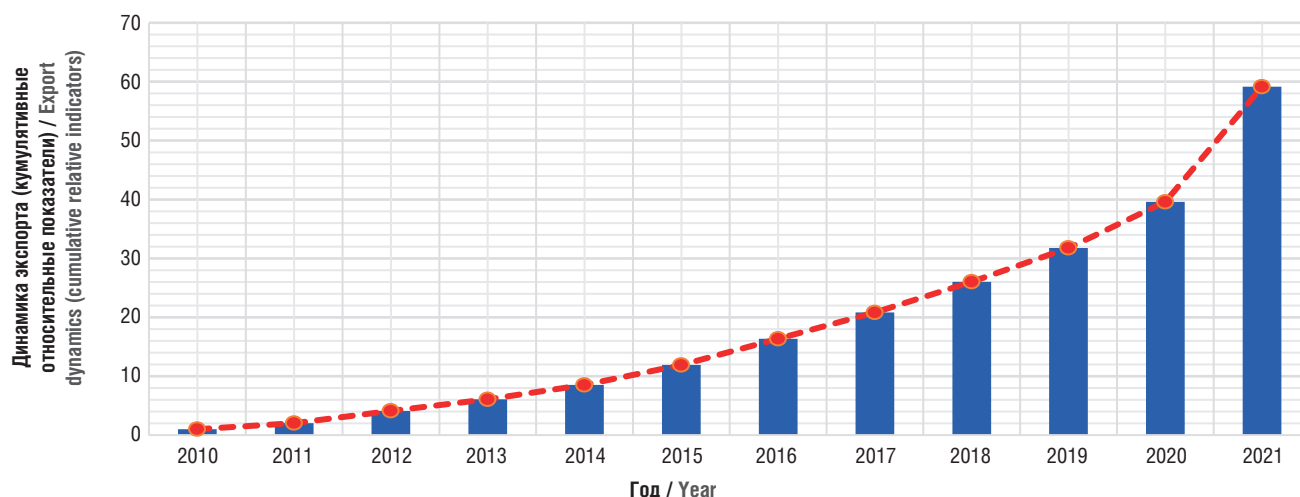


Рисунок 3. Кумулятивные показатели экспорта Российской Федерации по группе 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) (рассчитано авторами на основе данных [4])

Figure 3. Cumulative indicators of exports of the Russian Federation by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) (calculated by the authors based on data from [4])

которое может быть реализовано на рынке в данном экономическом укладе; μ – удельная скорость роста реализованного продукта в начальный момент времени.

При этом в случае данной математической модели взяты кумулятивные показатели объема экспорта ТН ВЭД 30. Т.е. данные суммируются каждый год начиная с рассматриваемого периода времени (2010 г.) и выражены через базовый 2010 г. (рис. 3). Использование кумулятивных данных в экономических моделях помогает учесть накопительные эффекты, улучшить статистическую устойчивость, сгладить краткосрочные колебания и более точно оценить долгосрочные тренды. Это позволяет более точно анализировать и прогнозировать экономические явления и процессы.

Анализ статистических данных показал, что подход, представленный в статье [10], требует модификации. В нашей работе принято предположение, что кумулятивные показатели объемов экспорта можно более точно описать системой дифференциальных уравнений вида (3):

$$\frac{dN(t)}{dt} = (\beta \mu(t)) N(t) \left(1 - \frac{N(t)}{N^{\max}}\right), \quad (3)$$

$$\mu(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < t_1 \\ \frac{1}{\gamma} \times \frac{N_1^{\max}}{N_2^{\max}}, & t \geq t_1 \end{cases}$$

с решением (4)¹, где $N(t)$ – количество реализованного продукта на момент времени t ; $N^{\max}$ – максимальное количество продукта,

которое может быть реализовано на рынке в данном экономическом укладе за периоды $0 \leq t \leq t_1$ и $t \geq t_1$ соответственно; $\mu(t)$ – ступенчатая функция, удельная скорость роста реализованного продукта в момент времени t ; β – коэффициент пропорциональности; γ – коэффициент влияния экономических факторов (курс валют); C_1, C_2 – произвольные постоянные.

Уравнение (1) можно использовать для описания кумулятивных данных, вместе с тем при резкой смене экономических факторов (изменение курса валют, объемов инвестиций, экономический кризис) в графиках будут наблюдаться изменение траекторий и точки перегиба. Возникает необходимость в задании μ в виде кусочной функции $\mu(t)$, зависящей от времени t и включающей изменение, произошедшее в данный момент.

Введем $\mu(t)$ в виде:

$$\mu(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < t_1 \\ \frac{1}{\gamma} \times \frac{N_1^{\max}}{N_2^{\max}}, & t_1 \leq t < t_2 \\ \frac{1}{\delta} \times \frac{N_2^{\max}}{N_3^{\max}}, & t_2 \leq t \leq t_3 \end{cases}, \quad (5)$$

где $\mu(t)$ – ступенчатая функция, удельная скорость роста реализованного продукта в момент времени t ; $N^{\max}$ – максимальное количество продукта, которое может быть реализовано на рынке в данном экономическом укладе за периоды $0 \leq t \leq t_1$, $t_1 \leq t \leq t_2$ и $t_2 \leq t \leq t_3$ соответственно; γ, δ – коэффициенты влияния экономических факторов.

$$N(t) = \begin{cases} \frac{e^{\beta t}}{\frac{e^{\beta t}}{N_1^{\max}} + C_1}, & 0 \leq t \leq t_1 \\ \frac{e^{\beta t_1} + \left(\frac{1.73 \beta N_1^{\max}}{N_2^{\max}}\right)(t-t_1)}{\frac{1}{N_2^{\max}} e^{\frac{1.73 \beta (N_1^{\max} (t-t_1) + 0.578 N_2^{\max} t_1)}} + e^{\beta t_1} \left(\frac{1}{N_1^{\max}} - \frac{1}{N_2^{\max}}\right) + C_2}, & t \geq t_1 \end{cases} \quad (4)$$

Тогда дифференциальная модель экспорта (3) с учетом (5) для ТН ВЭД 30 имеет вид:

$$N(t) = \begin{cases} \frac{e^{0,7884t}}{0,07799e^{0,7884t} + 0,92}, & 2010 \leq t < 2014 \\ \frac{e^{0,4282t + 1,4412}}{1,3508 + 0,0203e^{0,4282t + 1,4412} + 0,92}, & 2014 \leq t < 2019 \\ \frac{e^{-0,2952t + 7,9516}}{-4,4576 + 0,0495e^{-0,2952t + 7,9516} + 0,87}, & 2019 \leq t \leq 2021 \end{cases} \quad (6)$$

Графическая интерпретация модели представлена на рисунке 4.

Модель II: регрессионная модель / Model II: regression model

Для построения регрессионной модели экспорта РФ по группе ТН ВЭД 30 были рассмотрены факторы, приведенные в таблице 2, и период с 2010 по 2021 гг. с интервалами каждый квартал. В отличие от дифференциальной модели, для построения регрессионной используются абсолютные, а не кумулятивные данные.

С помощью классического метода корреляционно-регрессионного анализа проведена оценка влияния факторов на показатель экспорта ТН ВЭД 30. Наблюдалась высокая значимость следующих факторов: x_2 (объем коммерческого рынка фармпрепаратов), x_3 (объем государственных закупок), x_4 (меры протекционизма) и x_7 (ВВП). При этом факторы x_2 и x_3 мультиколлинеарны, вследствие чего в итоговой модели пренебрегаем фактором x_2 .

Предложены две модели: (7) – линейная регрессия (все значимые факторы вводятся аддитивно) и (8) – нелинейная экспоненциальная регрессионная модель:

$$y_1 = -13,98 + 0,101x_3 + 1,753x_4 + 0,001x_7, \quad (7)$$

$$y_2 = e^{0,006x_3 + 0,041x_4 + 0,0001x_7}, \quad (8)$$

где y_1, y_2 – построенные с помощью соответствующей регрессии объемы экспорта ТН ВЭД 30 (млрд руб.); x_3 – фактор «государственные закупки»; x_4 – фактор «меры протекционизма»; x_7 – фактор «ВВП» (см. табл. 2).

Значения коэффициентов детерминации для полученных уравнений регрессии достаточно высоки и составляют 0,85 и 0,97 соответственно, что говорит о значительном весе данных факторов в полученных моделях. На рисунке 5 представлена графическая интерпретация моделей.

Основные характеристики предложенных моделей (табл. 3) адекватны, но показатели модели, представленной уравнением

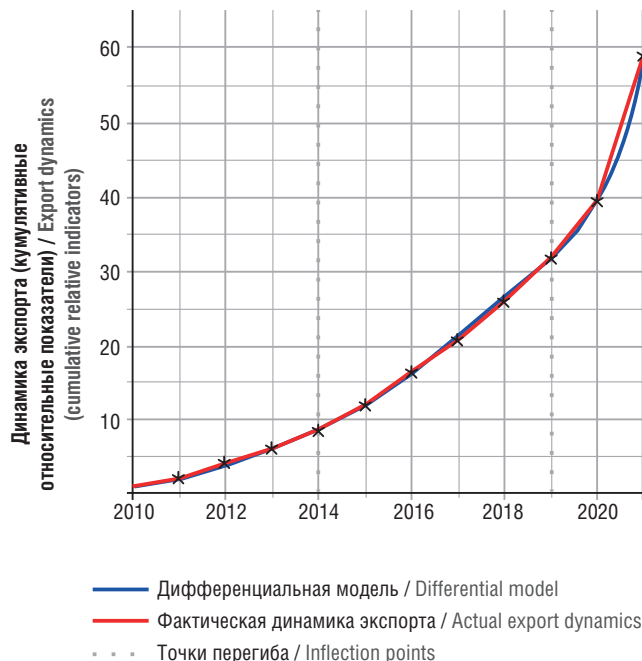


Рисунок 4. Математическая модель экспорта Российской Федерации по группе 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30), представленная системой уравнений (6), и сравнение с фактической динамикой (рассчитано авторами)

Figure 4. Mathematical model of exports of the Russian Federation by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30), represented by the system of equations (6), and comparison with the actual dynamics (calculated by the authors)

(8), лучше: стандартная ошибка регрессии (англ. standard error of estimate, SEE) меньше почти в 2 раза и ближе к 0, средняя ошибка аппроксимации также меньше в 2,5 раза, а коэффициент детерминации, наоборот, ближе к 100%, что тоже говорит о точности.

Стандартная ошибка регрессии находится по формуле:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i^0 - y_i)^2}{n - k - 1}},$$

где y_i^0 – фактическое значение показателя, y_i – вычисленное значение показателя с помощью математической модели, n – объем выборки, k – степень свободы.

Таблица 2. Основные факторы, характеризующие объем экспорта по группе 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) в Российской Федерации (РФ)

Table 2. Main factors characterizing the volume of exports by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) in the Russian Federation (RF)

Показатель / Indicator	Обозначение / Designation
Экспорт группы ТН ВЭД 30, млрд руб. [4] / Exports of HS 30, bln rub. [4]	y
Импорт группы ТН ВЭД 30, млрд руб. [4] / Imports of HS 30, bln rub. [4]	x_1
Объем коммерческого рынка ТН ВЭД 30, млрд руб. [5, 15–24] / Volume of HS 30 commercial market, bln rub. [5, 15–24]	x_2
Государственные закупки по ТН ВЭД 30, млрд руб. [5, 15–24] / Government procurement of HS 30, bln rub. [5, 15–24]	x_3
Меры протекционизма, применяемые в РФ, ед. [25] / Protectionism measures applied in the RF, units [25]	x_4
Меры либерализма, применяемые в РФ, ед. [25] / Measures of liberalism applied in the RF, units [25]	x_5
Курс доллара [26] / Dollar exchange rate [26]	x_6
Валовой внутренний продукт, млрд руб. [27] / Gross domestic product, bln rub. [27]	x_7

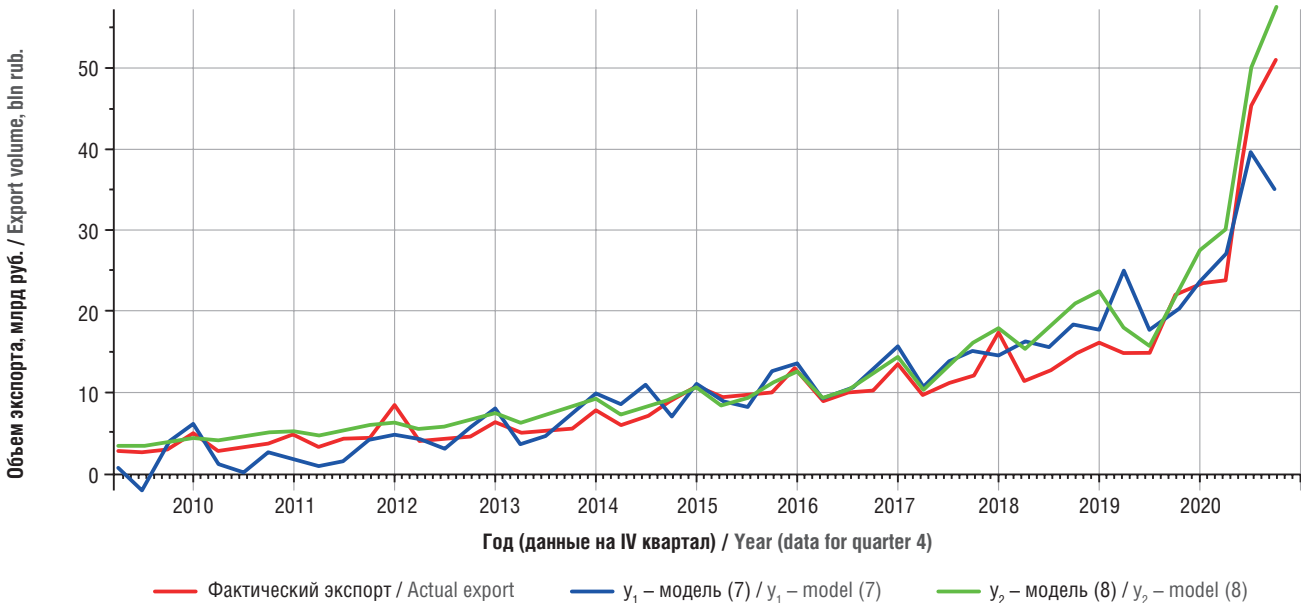


Рисунок 5. Абсолютные показатели экспорта Российской Федерации по группе 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) по кварталам и прогнозируемые значения экспорта по моделям (7), (8)
Figure 5. Absolute indicators of export of the Russian Federation by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) by quarters and forecasted export values by models (7), (8)

Таблица 3. Критерии качества регрессий (составлено авторами)
Table 3. Regression quality criteria (compiled by the authors)

Параметр / Parameter	Прогнозные объемы экспорта / Forecast export volumes	
	По модели (7), y_1 / Model (7), y_1	По модели (8), y_2 / Model (8), y_2
SEE	3,134	1,729
F	80,890	453,127
$\bar{A}$	32,079	13,894
MAD	2,543	1,277
R^2	0,849	0,970
$\tilde{R}^2$	0,843	0,969

Примечание. SEE (англ. standard error of estimate) – стандартная ошибка регрессии; F – значение статистики Фишера; $\bar{A}$ – средняя ошибка аппроксимации; MAD (англ. mean absolute deviation) – среднее абсолютное отклонение; R^2 – коэффициент детерминации; $\tilde{R}^2$ – исправленный коэффициент детерминации.
Note. SEE – standard error of estimate; F – value of Fisher’s statistic; $\bar{A}$ – mean approximation error; MAD – mean absolute deviation; R^2 – coefficient of determination; $\tilde{R}^2$ – corrected coefficient of determination.

Технический анализ данных / Technical data analysis

Технический анализ данных проводился при помощи программного обеспечения MAPLE (Watcom Products Inc., Канада) и R (Bell Laboratories, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Динамика экспорта в 2010–2021 гг. / Export dynamics in 2010–2021

Построены модели по всем подгруппам ТН ВЭД 30 (рис. 6) с параметрами для системы (4), представленными в таблице 4. Все кумулятивные данные хорошо аппроксимируются с использованием системы уравнений (3), (4). Однако динамика ТН ВЭД 3002 при исходных абсолютных данных как в количественном, так и в денежном выражении показывает резкий скачок в 2021 г., что объясняется активной продажей вакцин в Аргентину, Мексику и ОАЭ. Дифференциальная модель не могла учесть данный фактор вследствие того, что до заданного момента продаж ТН ВЭД 3002 в таких объемах не наблюдалось.

Прогнозные значения / Predicted values

Для построения прогноза на основе Модели I необходимы кумулятивные значения экспорта, выраженные через базовый год, в течение рассматриваемого периода (по крайней мере 5 лет), а также наблюдения курса валют. Для выражения прогноза по Модели II требуются прогнозы по ВВП, государственным закупкам и мерам протекционизма на указанный прогнозируемый год (рис. 7). На основе Модели I и Модели II с учетом вышеизложенного (см. рис. 7) построены прогнозные значения по экспорту ТН ВЭД 30 (табл. 5). Для перехода от кумулятивных к абсолютным значениям в Модели I требуется выполнить следующие действия:

$$y_3 = N(t)N(2010) - N(t - 1),$$

где $N(t)$ – прогнозируемое значение по формуле (4); $N(2010)$ – значение экспорта в базовый год; $N(t - 1)$ – кумулятивные значения в период $(t - 1)$.

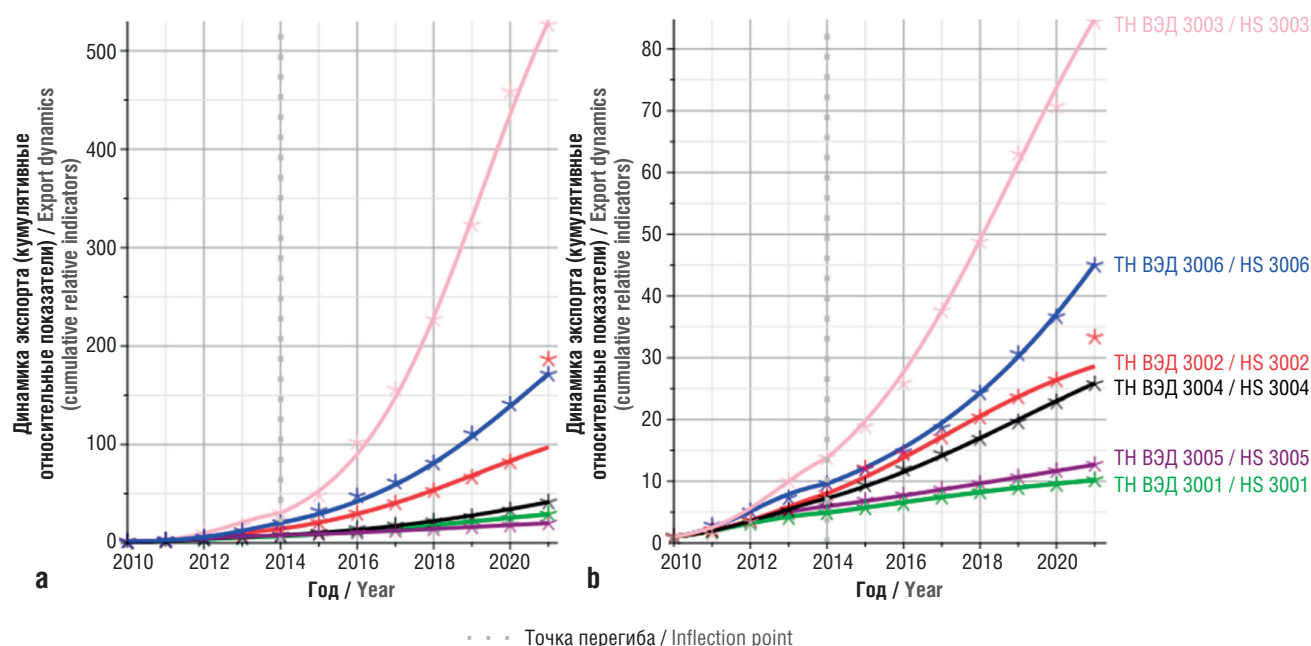


Рисунок 6. Динамика экспорта Российской Федерации по подгруппам, входящим в группу 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) (рассчитано авторами):

а – начальные показатели в денежном выражении; б – начальные показатели в количественном выражении

Figure 6. Dynamics of exports of the Russian Federation by subgroups included in group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) (calculated by the authors):

а – initial indicators in monetary terms; б – initial indicators in quantitative terms

Таблица 4. Коэффициенты для системы уравнений (4)

Table 4. Coefficients for the system of equations (4)

Подгруппа ТН ВЭД 30 / HS 30 subgroup	$N_1^{\max}$	$N_2^{\max}$	β	γ	C_1	C_2
<i>Количественный объем / Quantitative volume</i>						
3001	5,47	12,48	0,92	1,47	0,8172711116	0,8172711121
3002	11,47	34,63	0,79	0,67	0,9128216732	0,9128216728
3003	17,49	119,55	1,03	0,36	0,9428081887	0,9428081876
3004	9,76	40,17	0,81	0,65	0,8975716855	0,8975716851
3005	6,81	21,90	0,92	1,80	0,8531648374	0,8531648389
3006	10,77	174,21	1,09	0,26	0,9071760005	0,9071760005
<i>Денежный объем / Monetary volume</i>						
3001	8,13	44,83	0,86	0,46	0,8770450279	0,8770450264
3002	19,89	141,18	0,97	0,32	0,9497195936	0,9497195953
3003	36,56	724,75	1,29	0,11	0,9726500945	0,9726500884
3004	9,48	96,17	0,89	0,29	0,8944791485	0,8944791469
3005	8,52	32,32	0,99	1,09	0,8825610463	0,8825610448
3006	33,94	331,40	0,98	0,25	0,9705354734	0,9705354735

Примечание. ТН ВЭД 30 – группа 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности.

Note. HS 30 – group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity.

ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION

В 2021 г. произошел резкий скачок по стоимости экспорта – рост составил 150% по сравнению с 2020 г. (с 2012 г. он не превышал 40%) за счет быстрого увеличения продаж вакцин группы ТН ВЭД 3002, где рост стоимости достиг 570% (с 2012 г. не превышал 45%),

а также стабильного роста стоимости экспорта в остальных подгруппах ТН ВЭД 30: ТН ВЭД 3001 – на 18%, ТН ВЭД 3004 – на 20%, ТН ВЭД 3005 – на 14%, ТН ВЭД 3006 – на 1% [4]. Следовательно, Модель I и Модель II могут некорректно формировать прогноз на 2022 и 2023 гг., ориентируясь на предыдущие годы. Прогноз будет точнее при рассмотрении отдельных подгрупп ТН ВЭД 30.

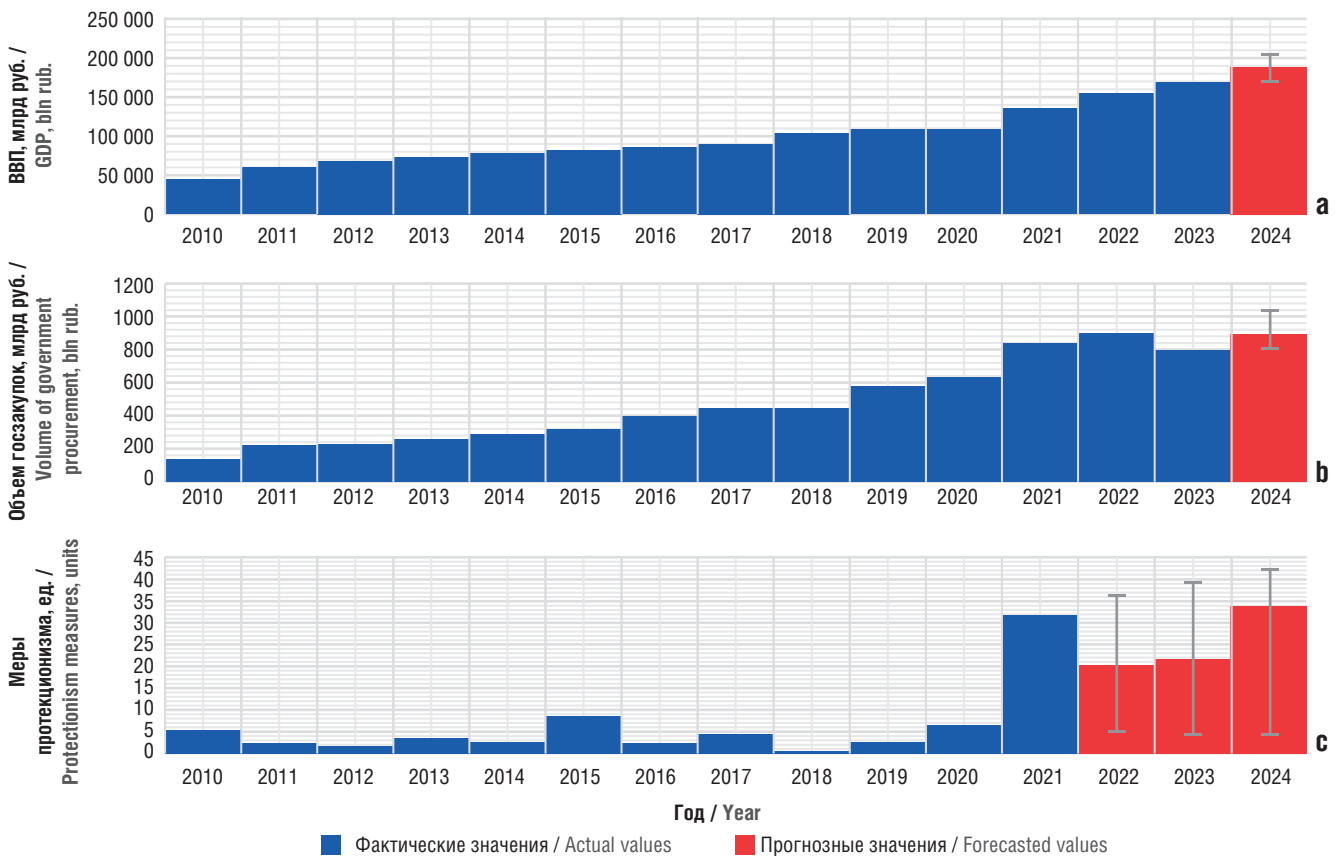


Рисунок 7. Фактические и прогнозные значения:
а – валовой внутренний продукт (ВВП) [27]; **б** – государственные закупки [5, 15–24]; **в** – меры протекционизма [25]
Figure 7. Actual and forecast values:
a – gross domestic product (GDP) [27]; **b** – government procurement [5, 15–24]; **c** – protectionism measures [25]

Таблица 5. Прогноз объема экспорта Российской Федерации по группе 30 (фармацевтическая продукция) товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД 30) на основе Модели I и Модели II, млрд руб. (составлено авторами)
Table 5. Forecast of the export volume of the Russian Federation by group 30 (pharmaceutical products) of the commodity nomenclature of foreign economic activity (equal to Harmonized System Code 30, HS 30) on the basis of Model I and Model II, bln rub. (compiled by the authors)

Год / Year	Кумулятивные данные фактического экспорта* / Cumulative data on actual exports*	Модель I ** / Model I **	Значения Модели I *** , у ₃ / Model I *** values, у ₃	Модель II, уравнение (8), у ₂ / Model II, equation (8), у ₂	Фактические данные / Actual data
2019	31,7757	31,7756	54,5739	62,22153	54,5746
2020	39,5886	39,4107	72,5576	72,75009	74,2475
2021	59,1470	58,0960	175,8810	183,56960	185,8688
2022	н/д // n/d	42,6483	219,4260	214,30150	н/д // n/d
2023	н/д // n/d	44,7257	205,6540	268,87420	н/д // n/d
2024	н/д // n/d	46,1897	233,3000	487,39400	н/д// n/d

Примечание. * Базовый год – 2010. ** Кумулятивная модель через базовый 2010 г. *** Модель I в абсолютных величинах. н/д – нет данных.
Note. * Base year 2010. ** Cumulative model through base year 2010. *** Model I in absolute values. n/d – no data.

Относительная погрешность прогноза на 2021 г. Модели I системы (6) составляет 5,4%, Модели II (8) – 1,2%. Поскольку значения не превышают 10%, сделан вывод, что модели достаточно хорошо аппроксимируют исследуемые данные. Выявлено, что для построения Модели II необходимо определить влияющие факторы, от которых зависит ее точность. Более того, требуется большой массив данных с доступом к ним. С другой стороны, Модель II определяет, какие именно факторы среди рассмотренных оказывают наибольшее влияние. Для экспорта получено, что ВВП, государственные

закупки и меры протекционизма оказывают наибольшее влияние на процесс. Данный результат аналогичен набору значимых факторов в работе Л.А. Выборновой и О.С. Малаховой [9].
Модель I отличается тем, что для нее необходим минимум данных (объемы экспорта по крайней мере за 5 лет), а алгоритм заключается в расчете кумулятивных, относительных показателей, которые далее используются в дифференциальном уравнении. При этом она адекватно описывает экономическое состояние импорта и экспорта РФ в период с 2010 по 2021 гг. и кризисную ситуацию 2014–2015 гг.,

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта <https://www.pharmacoeconomics.ru>. Не предназначено для использования в коммерческих целях. Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: info@irbis-1.ru.

а также резкий рост в подгруппе ТН ВЭД 3002 в связи с рекордным экспортом вакцин. Можно сделать вывод, что рациональнее использовать Модель I в силу ее простоты и приемлемой точности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Рассмотрены два подхода к моделированию экспорта РФ по группе ТН ВЭД 30: регрессионный и дифференциальный. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, которые важно учитывать при выборе метода моделирования.

Основными преимуществами введенной в исследовании дифференциальной модели (Модель I) относительно регрессионной (Модель II) и других моделей являются:

- учет динамических факторов;
- прогнозирование, основанное на исторических данных;
- учет связи между импортом и экспортом;

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ковтюх Г.С., Хрептус Е.С., Захарова И.А. Основные тенденции развития фармацевтического рынка в России. *Лечебное дело*. 2023; № 2: 134–40. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2023-12888>.
2. Доржиева В.В. Государственная политика импортозамещения как фактор развития фармацевтической промышленности России: влияние санкций и шаги к успеху. *Вестник Института экономики Российской академии наук*. 2022; 6: 68–78. https://doi.org/10.52180/2073-6487_2022_6_68_78.
3. Постановление Правительства РФ от 03.04.1996 № 372 «О присоединении Российской Федерации к Международной конвенции о Гармонизированной системе описания и кодирования товаров». URL: <https://base.garant.ru/703553/> (дата обращения 20.01.2024).
4. TradeMap. Trade statistics for international business development. URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (дата обращения 20.12.2023).
5. Фармацевтический рынок России: 2021. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/docs/Report2021RU.pdf> (дата обращения 15.12.2023).
6. Тимирьянова В.М., Лакман И.А., Загидуллин Н.Ш., Гареева Д.Ф. Экономическое бремя новой коронавирусной инфекции: систематический обзор. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2022; 15 (3): 363–79. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2022.146>.
7. Сотченко Е.В. Экономико-математическое моделирование механизма внешнеторговых операций. *Экономический журнал*. 2015; 2: 13–22.
8. Ширнаева С.Ю. Эконометрическое моделирование и прогнозирование показателей экспорта товаров Российской Федерации. *Фундаментальные исследования*. 2020; 6: 172–7. <https://doi.org/10.17513/fr.42796>.
9. Выборнова Л.А., Малахова О.С. Исследование международного рынка и построение эконометрической модели прогнозирования экспорта медицинских изделий и оборудования в России. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. 2019; 10 (1): 65–71.
10. Горыня Е.В., Колпак Е.П., Гасратова Н.А. Динамика внешней торговли РФ. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022; 7-1: 126–32. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.018>.
11. Спичак И.В., Кухтина О.С., Акулова Н.А. Маркетинговый анализ рынка лекарственных препаратов, применяемых в терапии вегетососудистой дистонии у детей. *Научные результаты биомедицинских исследований*. 2015; 1 (4): 102–7.
12. Гомон И.В., Иочис Я.А., Лёвшина Е.А. Анализ внешнеторгового оборота фармацевтической продукции Российской Федерации. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2019; 12-1: 105–8. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-11451>.
13. Субботина Т.Н., Трякин Д.С. Анализ фармацевтического рынка России: влияние геополитического кризиса и санкционных мер.

- возможность учесть нелинейные взаимосвязи (в отличие от регрессионной модели, которая предполагает линейную зависимость, дифференциальная модель способна учесть более сложные отношения);
- учет эффектов политических мер (введение санкций или торговых соглашений);
- моделирование долгосрочных тенденций.

Дифференциальная модель (Модель I) экспорта при анализе торговли и прогнозировании ее развития является более гибкой и точной, чем регрессионная модель (Модель II).

Однако следует отметить, что дифференциальная модель не рассматривает влияние каждого отдельного фактора на рост стоимости, а учитывает всю их совокупность для определения и анализа общей динамики. Соответственно, нельзя оценить, как определенный фактор в той или иной степени повлиял на характер роста.

Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023; 12-4: 211–4. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-12-4-211-214>.

14. Анопоченко А.И., Россинская М.В. Оценка современного состояния Российского фармацевтического рынка. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2023; 11-1: 36–41. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-11-1-36-41>.

15. Фармацевтический рынок России: 2010. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/94a/94a0d1c24baf96a32da5e6419e962353.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

16. Фармацевтический рынок России: 2011. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/a23/a2310180eb6ac913f32e145ee975c27e.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

17. Фармацевтический рынок России: 2012. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/f4a/f4a4131fbacef0dffe57d95c004c48cd.pdf> (дата обращения 18.12.2023).

18. Фармацевтический рынок России: 2013. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/1c5/1c5f774424f24da27d125f9cb2d3640.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

19. Фармацевтический рынок России: 2014. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/1d8/1d82b6bad88f9bc4b9c5a54a8033fe00.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

20. Фармацевтический рынок России: 2015. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/935/93507029efab3b21d484448346233ec2.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

21. Фармацевтический рынок России: 2017. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/ccd/ccd204d12dd79bdf63b9c1711671898.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

22. Фармацевтический рынок России: 2018. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/eb7/eb7c3a16881db18e1ec53998c3e96fd0.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

23. Фармацевтический рынок России: 2019. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/49f/49f7ed2a3388c9a0620137da15c1f69a.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

24. Фармацевтический рынок России: 2020. DSM Group. URL: <https://dsm.ru/upload/iblock/cf9/cf90a8be2be6374d636c6cc65bc96860.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

25. Independent monitoring of policies that affect world commerce. Global Trade Alert. URL: <https://www.globaltradealert.org/> (дата обращения 15.12.2023).

26. Официальные курсы валют на заданную дату, устанавливаемые ежедневно. Банк России. URL: https://cbr.ru/currency_base/daily/ (дата обращения 15.01.2024).

27. Валовой внутренний продукт. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения 15.01.2024).

REFERENCES:

1. Kovtyukh G.S., Hreptus E.S., Zakharova I.A. The main trends in development of pharmaceutical market in Russia. *Lechebnoe Delo*. 2023; № 2: 134–40 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2023-12888>.
2. Dorzhieva V.V. State policy of import substitution as a factor in the development of the pharmaceutical industry in Russia: impact of sanctions and steps to success. *Vestnik Instituta Ekonomiki Rossiyskoy Akademii Nauk / The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2022; 6: 68–78 (in Russ.). https://doi.org/10.52180/2073-6487_2022_6_68_78.
3. Decree of the Government of the RF of 03.04.1996 No. 372 “On the Accession of the Russian Federation to the International Convention on the Harmonized Commodity Description and Coding System”. Available at: <https://base.garant.ru/703553/> (in Russ.) (accessed 20.01.2024).
4. TradeMap. Trade statistics for international business development. Available at: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (accessed 20.12.2023).
5. Russian pharmaceutical market: 2021. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/docs/Report2021RU.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
6. Timiryanova V.M., Lakman I.A., Zagidullin N.Sh., Gareeva D.F. Economic burden of the novel coronavirus infection: a systematic review. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2022; 15 (3): 363–79 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2022.146>.
7. Sotchenko E.V. Economic-mathematical modeling of the mechanism of foreign trade operations. *Ekonomicheskyy Zhurnal*. 2015; 2: 13–22 (in Russ.).
8. Shirnaeva S.Yu. Econometric modeling and forecasting indicators of export of goods of the of the Russian Federation. *Fundamentalnye issledovaniya / Basic Research*. 2020; 1–2: 87–91 (in Russ.).
9. Vybornova L.A., Malakhova O.S. Research of the international market and construction of econometric model for forecasting export of medical products and equipment in Russia. *Vestnik of Samara University. Economics and Management*. 2019; 10 (1): 65–71 (in Russ.).
10. Gorynya E.V., Kolpak E.P., Gasratova N.A. Dynamics of foreign trade of the Russian Federation. *International Research Journal*. 2022; 7-1: 126–32. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.018>.
11. Spichak I.V., Kukhtina O.S., Akulova N.A. Marketing analysis of the market of medicines used in the treatment of dystonia in children. *Research Results in Biomedicine*. 2015; 1 (4): 102–7 (in Russ.).
12. Gomon I.V., Iochis Ya.A., Lyovushkina E.A. Analysis of foreign trade turnover of pharmaceutical products of the Russian Federation. *Economy and Business: Theory and Practice*. 2019; 12-1: 105–8 (in Russ.). <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-11451>.
13. Subbotina T.N., Tryakin D.S. Analysis of the Russian pharmaceutical market: the impact of geopolitical crisis and sanctions measures. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2023; 12-4: 211–4 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-12-4-211-214>.
14. Anopchenko A.I., Rossinskaya M.V. Assessment of the current state of the Russian pharmaceutical market. *Economy and Business: Theory and Practice*. 2023; 11-1: 36–41 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-11-1-36-41>.
15. Russian pharmaceutical market: 2010. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/94a/94a0d1c24baf96a32da5e6419e962353.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
16. Russian pharmaceutical market: 2011. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/a23/a2310180eb6ac913f32e145ee975c27e.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
17. Russian pharmaceutical market: 2012. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/f4a/f4a4131fbacef0dffe57d95c004c48cd.pdf> (in Russ.) (accessed 18.12.2023).
18. Russian pharmaceutical market: 2013. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/1c5/1c5f774424f24da27d125f9fcb2d3640.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
19. Russian pharmaceutical market: 2014. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/1d8/1d82b6bad88f9bc4b9c5a54a8033fe00.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
20. Russian pharmaceutical market: 2015. DSM group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/935/93507029efab3b21d484448346233ec2.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
21. Russian pharmaceutical market: 2017. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/ccd/ccd204d12dd79bdf63b9c1711671898.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
22. Russian pharmaceutical market: 2018. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/eb7/eb7c3a16881db18e1ec53998c3e96fd0.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
23. Russian pharmaceutical market: 2019. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/49f/49f7ed2a3388c9a0620137da15c1f69a.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
24. Russian pharmaceutical market: 2020. DSM Group. Available at: <https://dsm.ru/upload/iblock/cf9/cf90a8be2be6374d636c6cc65bc96860.pdf> (in Russ.) (accessed 15.12.2023).
25. Independent monitoring of policies that affect world commerce. Global Trade Alert. Available at: <https://www.globaltradealert.org/> (accessed 15.12.2023).
26. Official exchange rates for a given date, set daily. The Bank of Russia. Available at: https://cbr.ru/currency_base/daily/ (in Russ.) (accessed 15.01.2024).
27. Gross domestic product. Federal State Statistics Service. Available at: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (in Russ.) (accessed 15.01.2024).

Сведения об авторах

Шайхисламова Алина Ринатовна – студент факультета прикладной математики – процессов управления ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» (Санкт-Петербург, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3185-964X>; РИНЦ SPIN-код: 5240-9651. E-mail: st091115@student.spbu.ru.

Гасратова Наталья Александровна – к.ф.-м.н., доцент кафедры вычислительных методов механики деформируемого тела факультета прикладной математики – процессов управления ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» (Санкт-Петербург, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4817-327X>; Scopus Author ID: 56426961200; РИНЦ SPIN-код: 2548-2997.

About the authors

Alina R. Shaikhislamova – Student, Faculty of Applied Mathematics – Management Processes, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3185-964X>; RSCI SPIN-code: 5240-9651. E-mail: st091115@student.spbu.ru.

Natalya A. Gasratova – PhD (Phys.-Math.), Associate Professor, Chair of Computational Methods of Deformable Body Mechanics, Faculty of Applied Mathematics – Management Processes, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4817-327X>; Scopus Author ID: 56426961200; RSCI SPIN-code: 2548-2997.