

Научная статья  
УДК 338.436.33  
doi:10.35694/YARCX.2022.59.3.014

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОБИЗНЕСА МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Вера Витальевна Жолудева<sup>1</sup>, Илья Андреевич Балыков<sup>2</sup>, Иван Алексеевич Хотько<sup>3</sup>**  
<sup>1, 2, 3</sup>Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия  
<sup>1</sup>jvv6434@gmail.com, ORCID 0000-0001-9194-6659

**Реферат.** Российский рынок удобрений является одним из наиболее развивающихся направлений АПК. В статье рассмотрена деятельность предприятия в сфере торговли удобрениями, так как их использование позволяет значительно увеличивать качество и количество получаемого урожая, что, в конечном счёте, положительно сказывается на продовольственной безопасности государства. Проведён подробный анализ рынка удобрений в Российской Федерации, а также ситуации в сфере предложения удобрений в Ярославской области. На основе методов математико-статистического моделирования проведена оценка эффективности деятельности предприятия – объекта исследования. Были построены трендовые модели с целью прогнозирования объёмов продаж и прибыли предприятия и разработана игровая модель определения оптимального снабжения в условиях неопределённости и риска. По результатам проведённого исследования сделаны выводы и рекомендации руководству фирмы.

*Ключевые слова:* предприятие агробизнеса, моделирование, эффективность деятельности, оптимизация, трендовая модель

## BUSINESS PERFORMANCE REVIEW OF AN AGRIBUSINESS ENTERPRISE BY MATHEMATICAL MODELING METHODS

**Vera V. Zholudeva<sup>1</sup>, Ilya A. Balykov<sup>2</sup>, Ivan A. Khotko<sup>3</sup>**  
<sup>1, 2, 3</sup>Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russia  
<sup>1</sup>jvv6434@gmail.com, ORCID 0000-0001-9194-6659

**Abstract.** The Russian fertilizer market is one of the most developing areas of the agro-industrial complex. The article considers the activities of the enterprise in the field of fertilizer trade, since their use allows a significant increase in the quality and quantity of the yield received which, ultimately, has a positive effect on the national food security. A detailed analysis of the fertilizer market in the Russian Federation was carried out, as well as the situation in the field of fertilizer supply in the Yaroslavl region. Based on the methods of mathematical and statistical modeling, the business performance review of the enterprise – the object of research was assessed. Trend models were built to predict the volume of sales and profit of the enterprise and a game model was developed to determine the optimal supply in conditions of uncertainty and risk. Based on the results of the study conclusions and recommendations were made to the management of the company.

*Keywords:* agribusiness enterprise, modeling, business performance, optimization, trend

**Введение.** Важность аграрного сектора для развития экономики безусловна. Являясь производителем товаров первичного потребления, агробизнес всегда имеет спрос.

Российский рынок удобрений является одним из наиболее развивающихся направлений АПК. В

связи с повышением численности населения и сокращением сельскохозяйственных земель сегодня существенно возрастает необходимость в увеличении объёмов урожая различных сельскохозяйственных культур, что во многом достигается именно за счёт использования удобрений.

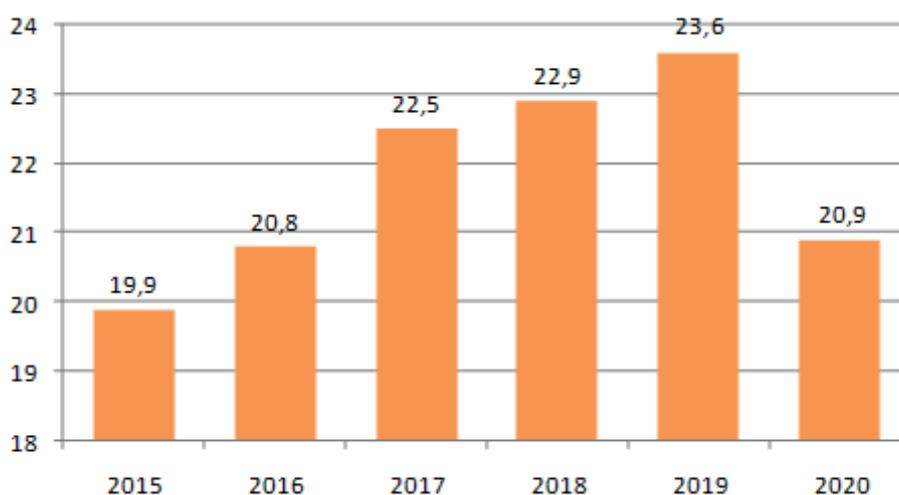
Сегодня большинство фермерских и крестьянских хозяйств в производственном цикле применяют различные виды агрохимической продукции – минеральные удобрения, химическую мелиорацию и средства защиты растений. Их использование позволяет значительно увеличивать качество и количество получаемого урожая, что, в конечном счёте, положительно сказывается на продовольственной безопасности государства.

Целью данного исследования является моделирование и оценка эффективности деятельности предприятия агробизнеса, работающего на рынке продажи удобрений.

**Материалы и методы исследований.** Информационной базой исследования являются дан-

ные Росстата, Ярославльстата (Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ярославской области).

**Результаты исследований.** Надо отметить, что отечественная отрасль минеральных удобрений была ориентирована на экспорт – более 70% производимой в стране подобной продукции отправлялась за границу и лишь 30% – на внутренний рынок. Данный факт стал во многом возможен благодаря высокому спросу на российские удобрения, а также девальвации рубля, приведшей к повышению конкурентоспособности отечественной продукции. Благодаря этому Россия не только полностью обеспечивает себя агрохимией, но и входит в десятку государств, являющихся



Источник: составлено авторами

Рисунок 1 – Производство удобрений в Российской Федерации, млн тонн

крупнейшими поставщиками данного вида товара на мировые рынки.

В 2019 году российские предприятия вырабатывали в общей сложности 23,6 млн тонн минеральных удобрений в пересчёте на 100 процентов питательных веществ, что на 3,1% больше объёмов производства в 2018 году. Данный показатель стал рекордным за весь период развития агрохимической отрасли после распада СССР. В 2020 году произошёл спад производства минеральных удобрений практически на 13% [1].

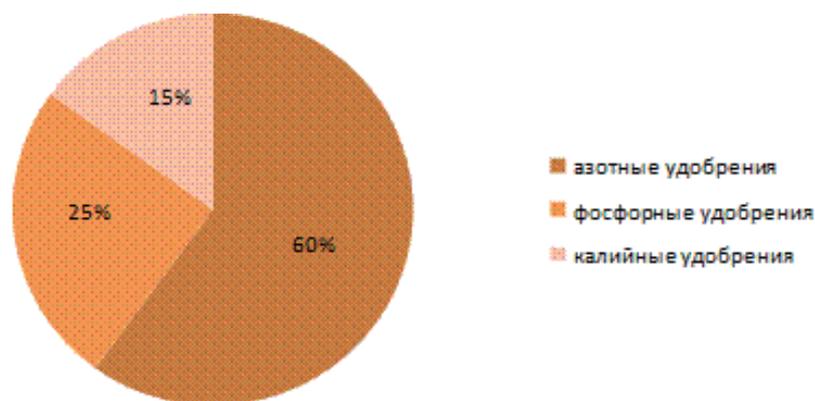
Что касается тенденций развития агробизнеса в сфере торговли удобрениями, надо отметить, что в мире наибольшим спросом пользуются азотные удобрения – около 60% потребления, примерно 20–25% приходится на фосфорные, 15–20% – на калийные.

Структура российского рынка в 2020 году отличается от общемировой: соотношение азотных, фосфорных и калийных удобрений в стране – 46/17/37%.

Лидерами российского рынка минеральных удобрений являются не более пяти компаний. Среди гигантов рынка можно выделить «Уралкалий», «Щелково Агрохим», «ФосАгро», «Щекино Азот». Минеральные удобрения в России выпускаются на более чем 20 крупных предприятиях. Ведущими игроками являются «ЕвроХим», «Уралхим», «Акрон», «ФосАгро», а также «Уралкалий» [2].

Основными потребителями удобрений в мире выступают густонаселённые Китай и Индия – на них приходится треть общего спроса. У этих стран самые большие возможности влияния на общемировые цены, причём зачастую для этого используются дискриминационные пошлины (в КНР, например, ставка на ввоз удобрений составляет 50%). В пятёрку крупнейших потребителей входили также США, Европа и Бразилия.

Производство удобрений ещё более монополизировано: на долю пяти крупнейших производителей – Китая, США, Индии, России и Канады



Источник: составлено авторами

Рисунок 2 – Структура мирового агробизнеса в сфере торговли удобрениями



Источник: составлено авторами

Рисунок 3 – Структура российского агробизнеса в сфере торговли удобрениями

приходится порядка 60% всего объема выпускаемой агрохимии.

В 2020 году предложение на рынке удобрений в ЦФО РФ насчитывало чуть более 400 объектов [3].

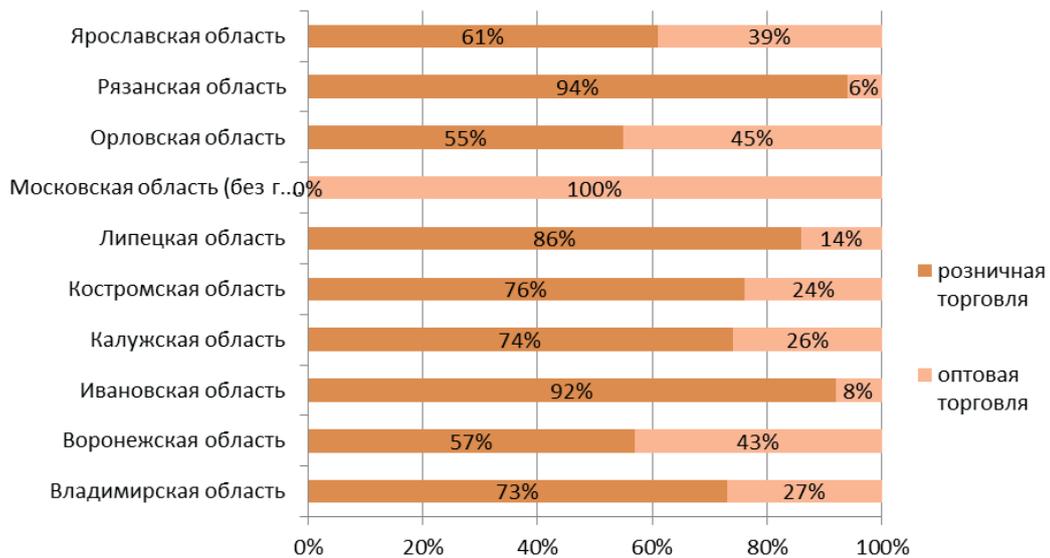
Структура по видам торговли (розничная, оптовая и сетевая) представлена на рисунке 4.

Наибольшее количество торговых предприятий в сфере удобрений в ЦФО сосредоточено в областях, расположенных на юге Центрального

Таблица 1 – Перечень организаций, реализующих удобрения в ЦФО РФ

№ п/п	Субъект ЦФО РФ	Количество организаций на рынке торговли удобрениями
1	Владимирская область	37
2	Воронежская область	54
3	Ивановская область	38
4	Калужская область	34
5	Костромская область	32
6	Липецкая область	58
7	Московская область (без г. Москвы)	9
8	Орловская область	22
9	Рязанская область	50
10	Ярославская область	76

Источник: составлено авторами



Источник: составлено авторами

Рисунок 4 – Структура организаций в сфере торговли удобрениями по видам торговли

федерального округа. Это связано с тем, что в Центральном федеральном округе наибольшая доля внесения удобрений приходится на Белгородскую область – 40% от всего объёма удобрений в данном федеральном округе. Далее следует Воронежская область – 18%. Замыкает тройку лидирующих субъектов Липецкая область – 11% [3].

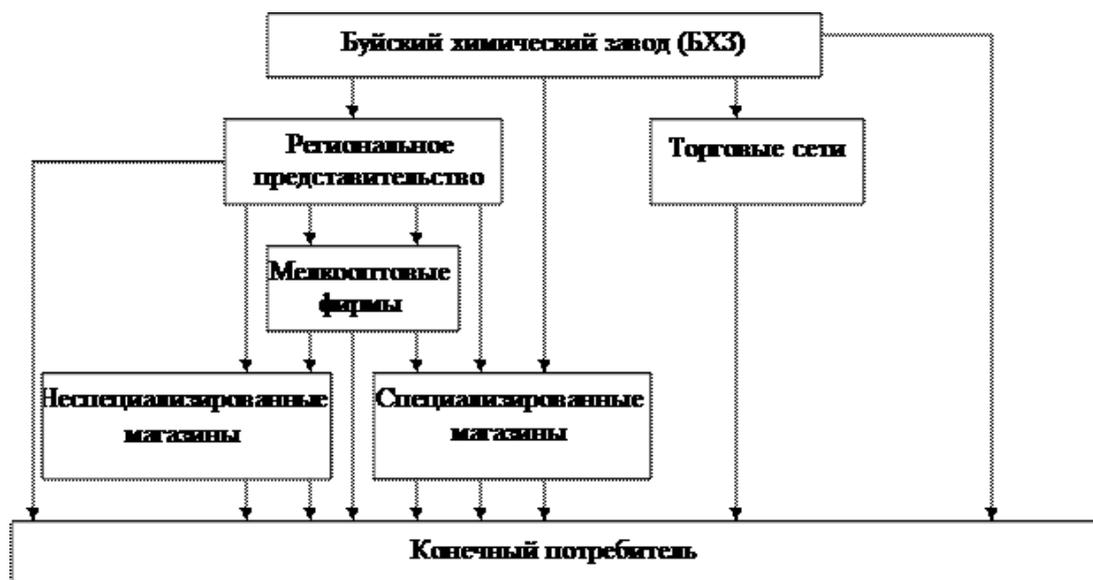
В данном исследовании на примере конкретного предприятия проведено моделирование его хозяйственной и финансовой деятельности с применением методов математико-статистического моделирования.

Объектом исследования является ООО «Агро-Хим». Основным источником получения продукции

(удобрений) для продажи данного предприятия является Буйский химический завод (Костромская область). Это предприятие способно обеспечить полным ассортиментом удобрений в промышленном овощеводстве, садоводстве и декоративном растениеводстве. Реализация продукции осуществляется через региональное представительство и торговые сети.

На рисунке 5 представлена функциональная модель взаимодействия субъектов и объектов агросферы.

Торговые сети, имеющие партнёрские отношения с БХЗ: МаксидоМ, Аксон (Ярославль), Атак (Ярославль), Leroy Merlin (Ярославль), Ашан (Яро-



Источник: составлено авторами

Рисунок 5 – Функциональная модель взаимодействия субъектов и объектов агросферы

славль), OBI, Castorama. Продуктовые магазины в сезон продающие удобрения: Высшая лига (БХЗ), Дикси, Пятерочка, Магнит, Карусель, Лента.

Исследуемая торговая агрохимическая фирма функционирует на рынке с 2016 года. Основным видом деятельности ООО «Агро-Хим» является розничная и оптовая торговля удобрениями и агрохимическими продуктами. На предприятии в качестве предложения представлены следующие агрохимические продукты: почвенные грунты, удобрения, мелиоранты и рассадные кассеты.

Количество клиентов ООО «Агро-Хим» в разрезе муниципальных образований представлено в таблице 2 [4].

В 2020 году доля компании составляла 0,0154% рынка торговли удобрениями и агрохимическими продуктами в России (рис. 6).

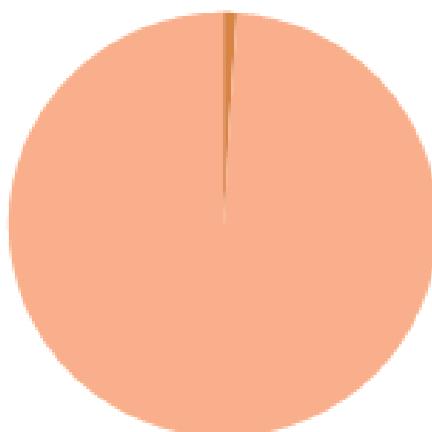
Финансовые показатели, характеризующие деятельность фирмы представлены в таблице 3.

Для предприятия ООО «Агро-Хим» по данным объёмов чистой прибыли построены трендовые модели прогнозирования выручки от продажи

Таблица 2 – Количество клиентов ООО «Агро-Хим» в разрезе муниципальных образований

№	Муниципальный район	Количество клиентов	Примечание
1	Большесельский	1	–
2	Борисоглебский	1	–
3	Брейтовский	0	Дорогие транспортные услуги
4	Гаврилов-Ямский	1	–
5	Даниловский	1	Самовывоз
6	Любимский	0	Ближе БХЗ, чем ООО «Агро-Хим»
7	Мышкинский	0	–
8	Некоузский	0	–
9	Некрасовский	2	–
10	Первомайский	0	–
11	Переславский	2	–
12	Пошехонский	0	Клиент ООО «Агро-Хим» торгует в этом районе
13	Ростовский	4	–
14	Рыбинский	32	–
15	Тутаевский	5	–
16	Угличский	6	–
17	г. Ярославль	51	–

Источник: составлено авторами



Источник: составлено авторами

Рисунок 6 – Доля ООО «Агро-Хим» на рынке торговли удобрениями и агрохимическими продуктами в России

Таблица 3 – Показатели финансовой деятельности предприятия ООО «Агро-Хим»

Показатель	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Выручка, млн руб.	12,8	31,4	75,8	83,1	69,3
Чистая прибыль, млн руб.	0,8	2,4	8,4	7,6	3,9

продукции, проведено прогнозирование с использованием Excel [5]. Построенные модели были проверены на адекватность и точность. В результате лучшей признана линейная модель. Рассчитанные точечные прогнозы по построенной модели показывают, что в ближайшие 3 года будет сохраняться возрастающая тенденция объёма выручки предприятия ООО «Агро-Хим». Выручка по сравнению с 2020 годом по прогнозам возрастёт примерно в два раза.

На основе методов линейного программирования для оценки эффективности деятельности предприятия ООО «Агро-Хим» была построена иг-

ровая модель определения оптимального снабжения в условиях неопределённости и риска.

Фирма ООО «Агро-Хим» реализует продукцию четырёх видов: почвенные грунты, удобрения, мелиоранты и рассадные кассеты.

Исходя из данных таблицы 4, определим среднемесячную прибыль от реализации продукции и издержки (потери) от отсутствия спроса и хранения продукции.

Формулировка задачи. Исходя из наличия средств и ассортиментного минимума, принято решение закупить для магазина Q единиц товара, из всего ассортиментного набора данной товарной

Таблица 4 – Данные для моделирования

Показатель	Наименование товара			
	Удобрения	Почвенные грунты	Мелиоранты	Рассадные кассеты
Доход от реализации, $c_j$ , руб.	318	114	78	172
Издержки, $d_j$ , руб.	37	24	36	10

группы. При неизвестном спросе на товары требуется определить количество товаров каждого наименования, которые целесообразно завезти в магазин. При этом известно, что если товар  $j$  будет пользоваться спросом, то от реализации единицы товара магазин получит доход в размере  $c_{ij}$ , в противном случае издержки составят  $d_{ij}$ .

Моделью такого экономического столкновения является игра, в которой, с одной стороны, выступает игрок А – фирма, с другой стороны – спрос населения, «природа» – игрок В.

Каждая из сторон имеет  $n$  стратегий: стратегия  $A_i$  – стратегия на завоз  $i$ -го наименования товара,  $B_j$  – спрос на  $j$ -й товар. Цель магазина – максимизировать доход при любом поведении покупателя.

Построим платёжную матрицу:

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
$A_1$	318	-37	-37	-37
$A_2$	-24	114	-24	-24
$A_3$	-36	-36	78	-36
$A_4$	-10	-10	-10	172

Исходная платёжная матрица содержит отрицательные элементы. Для решения задачи методами линейного программирования (ЛП) необходимо, чтобы матрица состояла из положительных элементов. Для этого прибавим к каждому элементу платёжной матрицы число  $M = 50$ .

Получим матрицу:

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
$A_1$	368	13	13	13
$A_2$	26	164	26	26
$A_3$	14	14	128	14
$A_4$	40	40	40	222

Введём переменные  $x_i = \frac{P_i}{V}$  и, используя соотношение, получим модель

$$z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \rightarrow \min$$

при ограничениях:

$$368x_1 + 26x_2 + 14x_3 + 40x_4 \geq 1,$$

$$13x_1 + 164x_2 + 14x_3 + 40x_4 \geq 1,$$

$$13x_1 + 26x_2 + 128x_3 + 40x_4 \geq 1,$$

$$13x_1 + 26x_2 + 14x_3 + 222x_4 \geq 1.$$

Решив данную задачу ЛП с использованием программного пакета Excel, получим следующие значения неизвестных:

$$x_1^* = 0,0027,$$

$$x_2^* = 0,0046,$$

$$x_3^* = 0,0051,$$

$$x_4^* = 0,0032.$$

Оптимальное значение целевой функции  $F^* = 0,015583$ . Тогда оптимальная цена игры

$$v^* = \frac{1}{F^*} = 64,2.$$

Вычислим оптимальные вероятности использования чистых стратегий игрока А, т.е. смешанную стратегию магазина по формулам

$$p_i^* = x_i^* \cdot v^*.$$

Итак,  $p_1^* = 0,17$ ;  $p_2^* = 0,31$ ;  $p_3^* = 0,32$ ;  $p_4^* = 0,20$ . Смешанная стратегия –  $S^* = (0,159; 0,139; 0,556; 0,146)$ , где  $p_i^*$  показывают доли от имеющейся суммы денег, которые следует израсходовать на покупку каждого вида ассортиментного

набора. Так как мы предварительно увеличили все элементы платёжной матрицы на величину  $M = 50$ , то для вычисления истинной величины цены игры необходимо из оптимальной цены вычесть  $M = 50$ . Таким образом, истинная цена игры равна  $v = 14,2$ . Это означает, что при оптимальном варианте снабжения товарами доход магазина будет не ниже гарантированного дохода, который будет равен 14 рублей с единицы проданной продукции независимо от колебания спроса покупателей (т.е. в условиях риска).

**Выводы.** Проведённое исследование позволяет сделать следующие рекомендации руководству ООО «Агро-Хим»: более половины имеющейся для закупки продукции денежной суммы необходимо тратить на приобретение мелиорантов (примерно 56%), на приобретение оставшихся трёх видов продукции должно тратиться примерно одинаковое количество денег (15%). Это позволит компании гарантировать получение 14 рублей от продажи единицы продукции независимо от спроса.

#### Список источников

1. Волкова А. В. Рынок минеральных удобрений-2019. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/26/1524652323/Рынок%20минеральных%20удобрений-2019> (дата обращения: 03.02.2022).
2. Рынок минеральных удобрений в России: тенденции и прогноз развития. URL: <https://vvs-info.ru/unit/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-rossii-tendentsii-i-rognoz-razvitiya> (дата обращения: 04.02.2022).
3. Магазины средств защиты растений и удобрений. URL: [https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva\\_zaschity\\_rastenij\\_i\\_udobreniya](https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva_zaschity_rastenij_i_udobreniya); <https://vvs-info.ru/unit/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-rossii-tendentsii-i-rognoz-razvitiya> (дата обращения: 04.03.2022).
4. Удобрения в Ярославле – обзор компаний, адреса, сайты. URL: <https://www.tovaryplus.ru/76004/catalog/18/103/10718/udobreniya.htm>; [https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva\\_zaschity\\_rastenij\\_i\\_udobreniya](https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva_zaschity_rastenij_i_udobreniya); <https://vvs-info.ru/unit/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-rossii-tendentsii-i-rognoz-razvitiya> (дата обращения: 04.03.2022).
5. Жолудева В. В., Уткин Е. В. Моделирование и оптимизация деятельности автотранспортного предприятия // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 3 (51). С. 84–87. ISSN 1998-1635.

#### References

1. Volkova A. V. Rynok mineral'nykh udobrenij-2019. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/26/1524652323/Rynok%20mineral'nykh%20udobrenij-2019> (data obrashhenija: 03.02.2022).
2. Rynok mineral'nykh udobrenij v Rossii: tendencii i prognoz razvitiya. URL: <https://vvs-info.ru/unit/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-rossii-tendentsii-i-rognoz-razvitiya> (data obrashhenija: 04.02.2022).
3. Magaziny sredstv zashchity rastenij i udobrenij. URL: [https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva\\_zaschity\\_rastenij\\_i\\_udobreniya](https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva_zaschity_rastenij_i_udobreniya); <https://vvs-info.ru/unit/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-rossii-tendentsii-i-rognoz-razvitiya> (data obrashhenija: 04.03.2022).
4. Udobrenija v Jaroslavle – obzor kompanij, adresa, sajty. URL: <https://www.tovaryplus.ru/76004/catalog/18/103/10718/udobreniya.htm>; [https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva\\_zaschity\\_rastenij\\_i\\_udobreniya](https://yaroslavl.zoon.ru/shops/type/sredstva_zaschity_rastenij_i_udobreniya); <https://vvs-info.ru/unit/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-rossii-tendentsii-i-rognoz-razvitiya> (data obrashhenija: 04.03.2022).
5. Zholudeva V. V., Utkin E. V. Modelirovanie i optimizacija dejatel'nosti avtotransportnogo predpriyatija // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2020. № 3 (51). S. 84–87. ISSN 1998-1635.

#### Сведения об авторах

**Вера Витальевна Жолудева** – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры электрификации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», spm-код: 2190-8887.

**Илья Андреевич Балыков** – обучающийся инженерного факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», theibaloff@gmail.com.

**Иван Алексеевич Хотько** – обучающийся инженерного факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», khotko.ivan@list.ru.

*Information about the authors*

**Vera V. Zholudeva** – Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Associate Professor of the of the Department of Electrification, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", spin-code: 2190-8887.

**Ilya A. Balykov** – student of Faculty Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", theibaloff@gmail.com.

**Ivan A. Khotko** – student of Faculty Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", khotko.ivan@list.ru.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

