

ISSN 2075-7204

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

№ 2 (73) 2025

---

**ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛА**  
INFLUENCE OF COMBINED ELECTRO-MECHANICAL INFLUENCE  
ON THE STRESS STATE OF THE MATERIAL

---

**ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И МАШИНЫ  
В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**  
EVOLUTION OF HUMAN-MACHINE INTERACTION IN ERGATIC SYSTEMS  
USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

---

**НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА**  
DIRECTIONS FOR THE FORMATION OF THE TECHNOLOGICAL BALANCE STRUCTURE

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 24 февраля 2025 г. № 45 журнал входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим (машиностроение и машиноведение; приборостроение, метрология и информационно-измерительные системы) наукам.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ И РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

**Шлычков Сергей Владимирович**,  
канд. воен. наук, доцент, Председатель ГКНТ

### ЗАМЕСТИТЕЛИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

**Суша Владимир Александрович**,  
канд. воен. наук, доцент, директор ГУ «БелИСА», главный редактор

**Савенко Сергей Александрович**,  
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ГУ «НИИ Вооруженных Сил Республики Беларусь», научный редактор

### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

**Аваков Сергей Мирзоевич**,  
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры электронной техники и технологии УО «БГУИР»

**Бойков Владимир Петрович**,  
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Тракторы» БНТУ

**Ботеновская Екатерина Сергеевна**,  
канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры комплексного изучения развития КНР факультета международных отношений БГУ

**Володько Владимир Фёдорович**,  
д-р пед. наук, профессор, профессор кафедры «Менеджмент» БНТУ

**Ганэ Вадим Арведович**,  
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник НПООО «ОКБ ТСП»

**Данильченко Алексей Васильевич**,  
д-р экон. наук, профессор, декан факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства БНТУ

**Дерновой Владимир Михайлович**,  
канд. техн. наук, старший научный сотрудник, главный эксперт,  
член Совета директоров НПООО «ОКБ ТСП», заместитель главного редактора

**Ивуть Роман Болеславович**,  
член-корр. НАН Беларуси, д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ, научный редактор

**Константинов Валерий Михайлович**,  
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Материаловедение в машиностроении» БНТУ

**Коробкин Владимир Андреевич**,  
д-р техн. наук, профессор, лауреат Ленинской премии СССР, профессор кафедры «Тракторы» БНТУ

**Косовский Андрей Аркадьевич**,  
канд. экон. наук, доцент, Генеральный директор ОАО «ЦНИИТУ»

**Листопад Николай Измаилович**,  
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационных радиотехнологий УО «БГУИР»

**Новикова Ирина Васильевна**,  
д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития УО «БГТУ»

**Судилковская Елена Владимировна**,  
зав. сектором ГУ «БелИСА», ответственный секретарь, выпускающий редактор

**Тумилович Мирослав Викторович**,  
д-р техн. наук, доцент, начальник управления подготовки научных кадров высшей квалификации УО «БГУИР»

**Щербаков Сергей Сергеевич**,  
д-р физ.-мат. наук, профессор, академик-секретарь Отделения физико-технических наук НАН Беларуси

### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

**Баханович Александр Геннадьевич**,  
д-р техн. наук, доцент, Первый заместитель Министра образования Республики Беларусь

**Евдокимов Виктор Валерьевич**,  
д-р экон. наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины, ректор Государственного университета «Житомирская политехника» (Украина)

**Милорад М. Кураица**,  
д-р физ. наук, профессор, профессор Физического факультета Белградского университета (Сербия)

**Рудый Кирилл Валентинович**,  
д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры мировой экономики УО «БГЭУ»

**Фоломьев Александр Николаевич**,  
д-р экон. наук, профессор, Заслуженный экономист России, зам. зав. кафедрой экономики и государственного регулирования рыночного хозяйства по научной работе Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Российская Федерация)

**Чижик Сергей Антонович**,  
академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор, Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси

№ 2 (73) 2025 г.

Издается с декабря 2004 г.

Зарегистрирован  
в Министерстве информации  
Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации  
№ 576 от 24.07.2009.

### Учредитель:

Государственное учреждение  
«Белорусский институт системного анализа  
и информационного обеспечения  
научно-технической сферы»  
(ГУ «БелИСА»)

### Издатель:

ГУ «БелИСА»  
Свидетельство о регистрации  
в Министерстве информации  
Республики Беларусь  
№ 1/307 от 22.04.2014.

### Адрес редакции:

пр. Победителей, 7,  
220004, г. Минск  
ГУ «БелИСА»  
(журнал «Новости науки и технологий»)  
Тел.: (+375 17) 203-41-23,  
(+375 17) 306-09-46

E-mail: doroshuk@belisa.org.by,  
sudilovskaya@belisa.org.by  
<http://www.belisa.org.by>

### Дизайн и компьютерная верстка:

О. М. Сенкевич.

### Издание распространяется:

1. По подписке через редакцию, а также через РУП «Белпочта» (цена номера — 27,00 руб. (с НДС)).
2. По целевой адресной рассылке в органы государственного управления, организации и предприятия научно-технической сферы.
3. На международных и республиканских выставках, конференциях, семинарах.

### Подписные индексы:

002802 — для предприятий и организаций  
00280 — для индивидуальных подписчиков

### © «Новости науки и технологий»

Публикуемые материалы отражают мнение их авторов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. При перепечатке публикаций ссылка на журнал обязательна. Все упомянутые в материалах журнала наименования продуктов и товарные знаки являются собственностью их владельцев. Научные публикации рецензируются.

Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.  
Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 7,53.  
Гарнитура Minion.  
Подписано в печать 27.06.2025.  
Тираж 100 экз. Заказ № 11.

Отпечатано в издательско-полиграфическом отделе ГУ «БелИСА».

Лиц. в ЕРЛ 3820000018831 от 14.09.2018.

## ВНОМЕРЕ:

### НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

**ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛА**

Н. М. Чигринова

**INFLUENCE OF COMBINED  
ELECTRO-MECHANICAL INFLUENCE  
ON THE STRESS STATE OF THE MATERIAL..... 3**

N. Chigrinova

**ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА  
И МАШИНЫ В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

П. И. Балтрукович, Л. П. Пилиневич

**EVOLUTION OF HUMAN-MACHINE INTERACTION  
IN ERGATIC SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE  
TECHNOLOGIES..... 10**

P. Baltrukovich, L. Pilinevich

**НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА**

Е. В. Бертош

**DIRECTIONS FOR THE FORMATION  
OF THE TECHNOLOGICAL BALANCE STRUCTURE..... 16**

E. Bertosh

**АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА  
ПРОЕКТОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ  
НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ**

И. В. Устинович, Е. А. Витушко

**ANALYSIS OF THE ECONOMIC POTENTIAL OF MINING  
PROJECTS IN THE CASE OF CLAY RAW MATERIALS ..... 21**

I. Ustsinovich, E. Vitushko

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПЕРЕРАБОТКИ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ  
ПОЛИРОВКИ ХРУСТАЛЯ**

А. Н. Хотько

**ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY  
OF PROCESSING GYPSUM-CONTAINING WASTE  
FROM CRYSTAL POLISHING ..... 29**

A. Khotko

**ОЦЕНКА ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ТРАНСГРАНИЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ  
(НА ПРИМЕРЕ ЦИФРОВОЙ БЕЛОРУССКО-КИТАЙСКОЙ  
ТОРГОВОЙ ПЛОЩАДКИ)**

Чэнь Хантунжоу, Т. Ф. Старовойтова, Н. Н. Горбачёв

**ASSESSMENT OF OPERATIONAL EFFICIENCY  
OF CROSS-BORDER E-COMMERCE  
(ON THE EXAMPLE OF THE DIGITAL  
BELARUSIAN-CHINESE TRADING PLATFORM)..... 38**

Chen Hunyunzhou, T. Starovoitova, N. Gorbachev

**ОЦЕНКА МИГРАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА  
РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ  
ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Н. С. Праулова

**ASSESSMENT OF THE MIGRATION POTENTIAL  
OF REGIONS IN GRODNO REGION ..... 50**

N. Praulava

### НА ЗАМЕТКУ

**Правила для авторов..... 63**

УДК 691.9.048.4

## ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛА

### INFLUENCE OF COMBINED ELECTRO-MECHANICAL INFLUENCE ON THE STRESS STATE OF THE MATERIAL

**Н. М. Чигринова,**

профессор кафедры «Торговое и рекламное оборудование» факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства Белорусского национального технического университета, д-р техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

**N. Chigrinova,**

Professor of Trade and Advertising Equipment Department of the Faculty of Marketing, Management and Entrepreneurship of the Belarusian National Technical University, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 18.02.2025.

В данной статье речь идет о приемах комбинированной активации технологии микродугового оксидирования, в результате которой существенно изменяются структура и напряженное состояние обработанной поверхности материала, определяющие работоспособность изделий из них.

This article deals with the methods of combined activation of micro-arc oxidation technology, as a result of which the structure and stress state of the treated surface of the material, which determine the performance of products made from them, significantly change.

**Ключевые слова:** керамоподобное покрытие, микродуговое оксидирование, электролит, активация, параметры тонкой структуры, уровень деформаций.

**Keywords:** ceramic-like coating, micro-arc oxidation, electrolyte, activation, fine structure parameters, level of deformation.

*Введение.* Одним из эффективных направлений обеспечения высокого уровня служебных характеристик материалов является формирование на их поверхности многофункциональных с уникальным комплексом свойств покрытий, определяющих поведение изделий с такими покрытиями в сложных эксплуатационных условиях.

В данной статье рассматривается влияние комбинированного электромеханического воздействия при обработке материала методом микродугового оксидирования (МДО) с изменяющимися параметрами на напряженное состояние и тонкую структуру формируемых керамоподобных покрытий [1, 2].

Современный уровень проведения любых исследований и экспериментов требует точного и выверенного подхода к разработке приемов управления структурой и свойствами модифицируемых материалов. Контроль структурного и напряженного состояния материала покрытия, полученного методом МДО, может осуществляться различными способами. Так, в [3–5] в процессе работы применяли приемы и алгоритмы адаптивного управления, в связи с чем была разработана методика определения функции регулирования поведения материала при переводе его из исходного в конечное состояние. Применяют методы критериальных подходов к объяснению механизмов и особенностей микроплазмоискровых процессов [6], определяющих особенности структурообразования и изменения напряженного состояния материалов, при этом выполняется трудоемкий и субъективный подбор наиболее адекватных физических критериев, продиктованных наличием управляемых и самоорганизующихся факторов в технологии обработки материала, что может быть осуществлено на основе анализа многокомпонентных функционалов — разных для каждого вида изменения состояния

обрабатываемого материала. Такие исследования отличаются многообразием взаимовлияющих и взаимозависимых факторов, что обуславливает появление множества еще нерешенных вопросов. Поэтому поиск более простых и эффективных методик изучения данного вопроса представляет существенный научный и практический интерес.

Целью данного исследования является разработка методологии определения тонкой структуры и напряженного состояния материала под изменяющимся комбинированным электромеханическим воздействием с оптимизацией уровней данных воздействий для получения высококачественных изделий с требуемым набором рабочих свойств.

*Методическая часть.* Эксперименты осуществляли на образцах из алюминиевого сплава состава АД 0, наиболее часто используемого в различных отраслях промышленности, после их оксидирования в электролитах с различной химической активностью при изменяющихся электромеханических воздействиях: плотности тока и напряжения процесса МДО, а также за счет пропускания через раствор ультразвука [1]. Химическую активность стандартного водно-щелочного электролита на основе солей натрия и калия ЭЩ, в котором выполняли МДО образцов, изменяли за счет добавления в раствор растворимых солей натрия — ЭЩ 1 и добавок разнозаряженных полирадикалов — ЭЩ 2. Механическая активация происходила посредством пропускания через раствор ультразвуковых колебаний — ЭЩ 3. Продолжительность обработки во всех электролитах была одинакова.

Определение напряженного состояния покрытия и металлической основы под ним осуществляли посредством изучения размеров кристаллитов, плотности дислокаций, остаточных напряжений, уровня микродеформации.

Для установления параметров тонкой структуры материала рентгеновским методом использовали методику оценки системы обработки информации СОИ и планирования эксперимента, разработанную в [7] и реализованную в специальном пакете программ для IBM PC/AT с применением программных средств компьютерной графики GOR [8].

Пакет программ GOR содержит 3 программы: SPLIT LINE, FOUR1 и MIC2\_L. Применение подпрограммы SPLIT LINE позволяет провести удаление дублетных линий CuK $\alpha$ , разделение наложенных линий. В результате выделенные линии после аппроксимации записывают и используют для расчетов параметров тонкой структуры по подпрограммам FOUR1 и MIC2L.

Алгоритм обработки экспериментальных данных состоял из двух частей:

1. Программы FOUR1, при помощи которой проводили первичную обработку дифракционных данных, записанных в результате обработки по подпрограмме SPLIT LINE, и определяли коэффициенты Фурье профилей образца и эталона, а также функции физического уширения. По окончании первой части обработки профиля линии создавали файл для следующего этапа обработки.

2. Программы MIC2L, с помощью которой идентифицировали основную причину, вызвавшую размытие рентгеновской линии, при этом решали четыре задачи:

- 1) расчет эффективного размера кристаллитов при отсутствии влияния микродеформаций и подбор модели распределения плотности числа ячеек по расстоянию в кристаллической решетке;
- 2) расчет распределения микродеформаций при отсутствии влияния мелкодисперсности и подбор модели распределения микродеформаций по расстоянию в кристаллической решетке;
- 3) совместное решение задач 1 и 2 в приближении изотропности;
- 4) решение задачи 3 в приближении анизотропности (необходимо введение модулей Юнга соответствующих направлений).

Надежная идентификация моделей плотности распределения числа ячеек в ОКР позволяет описать два крайних состояния исследуемой структуры:

- высокая степень однородности блочной структуры — прямоугольная модель;
- хаотическое распределение дислокаций — экспоненциальная модель.

Распределение относительной среднеквадратической микродеформации — ОСМД  $\langle E2(Ln) \rangle^{1/2}$  в зависимости от расстояния в кристаллической решетке анализировали на принадлежность к трем наиболее распространенным моделям [9]:

- прямолинейной — высокая степень однородности в распределении дислокаций;

- экспоненциальной — хаотическое распределение дислокаций;
- степенной — распределение дислокаций в стенках блоков.

В результате комплекса работ с применением указанных программ:

а) идентифицировали по полному спектру кристаллическую решетку основы исследуемых образцов, по анализу результатов идентификации рассчитывали параметры съемки выбранных для расчетов отдельных линий фазы, параметры тонкой структуры которой определяются;

б) устанавливали положение максимума и центра тяжести линий — углы  $2\theta$ , по которым затем производили прецизионное определение параметров решеток;

в) рассчитывали функция физического уширения —  $\beta_{1/2}$ , рад. (ФФУ) интегральную ширину линии, средний размер областей когерентного рассеяния — ОКР, размер ОКР Дэфф.по Селякову, относительную среднеквадратическую микродеформацию ОСМД —  $\langle E^2 \rangle^{1/2} 10^{-4}$ ;

г) определяли плотность дислокаций в объеме кристалла,  $\rho$ ,  $1/\text{см}^2$ .

Расчет уровней напряжений в материалах покрытия и алюминиевой основы с определением параметров тонкой структуры проводили путем изучения закономерностей трансформации профилей рентгеновских линий.

При принятии решения о выборе той или иной модели в качестве оптимальной учитывали также объем эмпирической выборки, оставшейся после селекции в целях удаления случайных высокочастотных помех.

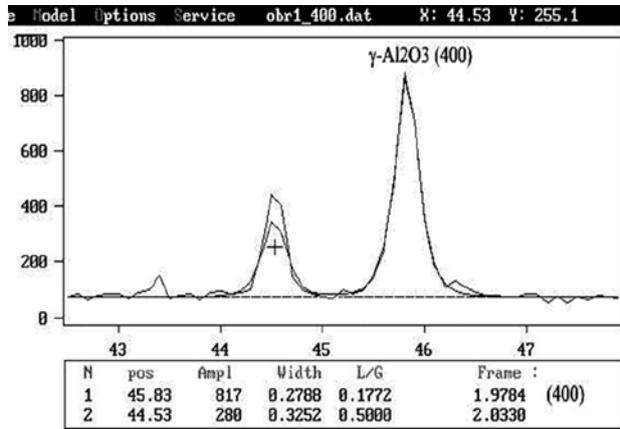
Для расчета параметров тонкой кристаллической структуры выбирали линии двух порядков отражения от одной плоскости: для прецизионного расчета параметра решетки — линии на самых больших углах, которые для надежной регистрации должны иметь достаточную интенсивность и не совпадать с другими отражениями. Для основных фаз покрытия  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  Cub такими линиями являются пара (400)–(800) и (840), для  $\text{SiO}_2$  Cub — пара (111)–(222) и (422), для Al Cub — пара (111)–(222) и (420).

*Основная часть.* На рис. 1, 2 с применением программы SPLIT LINE приведены полные результаты разделения дифракционных профилей, представляющих наложение нескольких рентгеновских линий, соответствующих различным фазам, на отдельные линии.

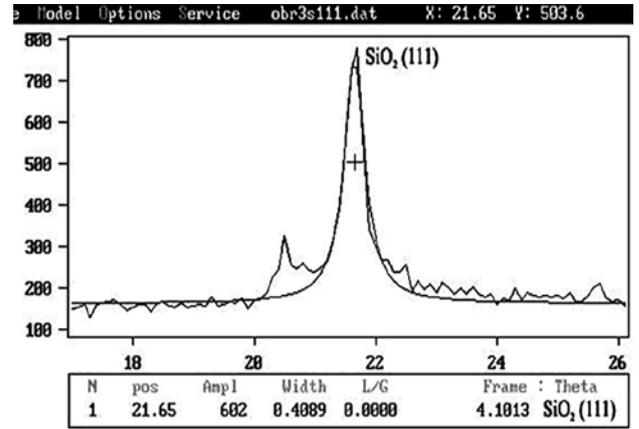
Проведенными расчетами степени упрочнения алюминиевой основы установлено, что поверхностные слои всех созданных вариантов покрытий находятся в наноструктурированном состоянии [10, 11]. Применение разработанных принципов и приемов интенсификации метода МДО при обработке материалов привело к существенному (почти в 2 раза) дроблению кристаллитов в структуре сформированных покрытий, что определяет большую плотность дислокаций в них и, соответственно, высокую прочность (табл. 1, 2). Максимальный размер кристаллитов зафиксирован в покрытиях, сформированных при использовании химической интенсификации процесса МДО [1, 9, 11].

На порядок более высокая плотность дислокаций, чем в покрытии из стандартного раствора, и в 5 раз более высокая, чем в покрытии из химически активированного электролита, отмечена в покрытиях, полученных в энергетически и механически активированных растворах ЭЩ 2 и ЭЩ 3 (см. табл. 2) [1, 9, 11]. Степенная модель распределения деформаций в них говорит о более высокой степени однородности блочной структуры, являясь следствием ее упорядочения по сравнению с покрытием из стандартного электролита, где этот параметр описывается экспоненциальной моделью, характеризующей стохастический характер распределения дислокаций и более высокую степень неоднородности структуры. Только комбинированная активация электролита, сочетающая присадки полирадикалов с одновременным пропусканием ультразвуковых импульсов через раствор, привели к высокой степени однородности в распределении деформаций, описываемой прямоугольной моделью распределения.

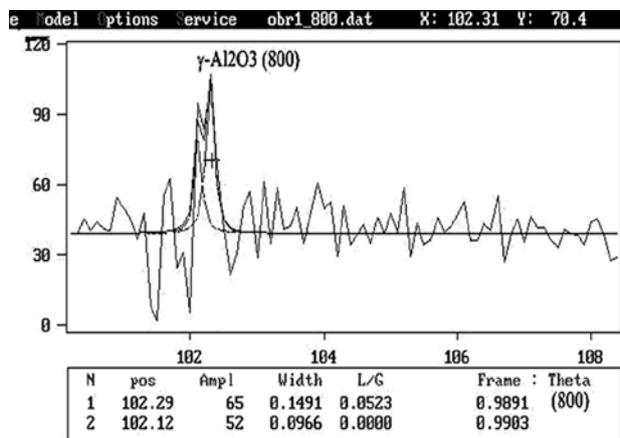
Расчеты параметров решетки покрытий и алюминиевой основы под покрытием показали, что интенсификация метода МДО с помощью разработанных в [1] приемов приводит к получению покрытий с параметрами, обусловившими более мощное воздействие микродуговой обработки на материал, что иллюстрируется величиной физического уширения линии.



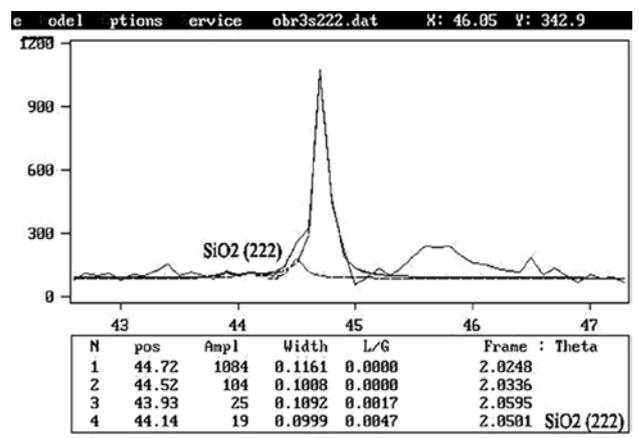
a)



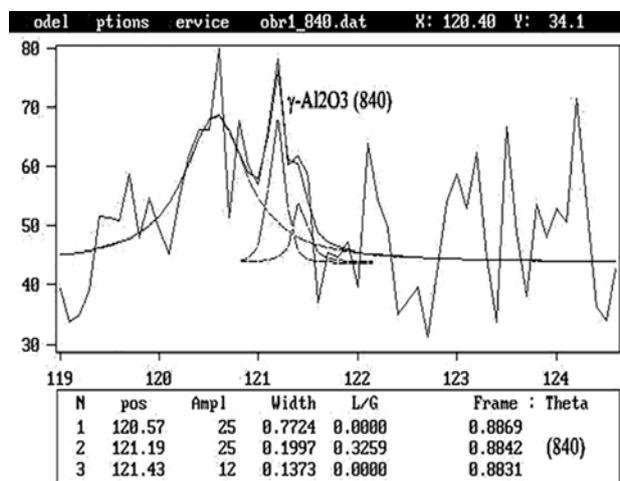
г)



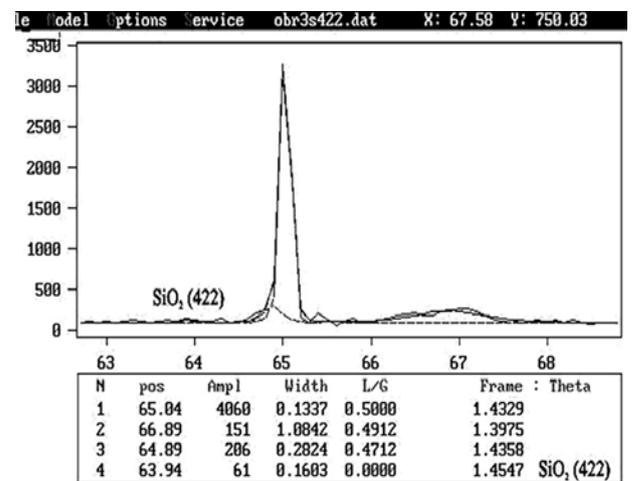
б)



д)



в)

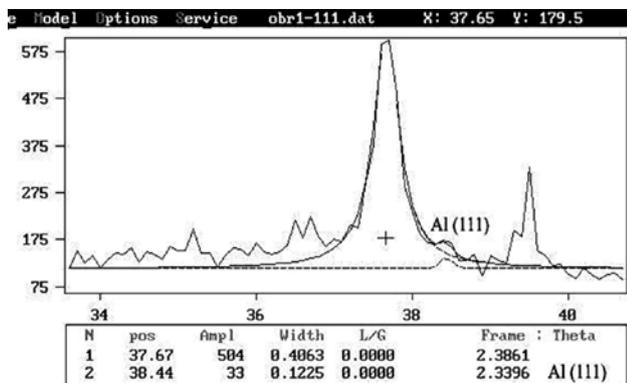


е)

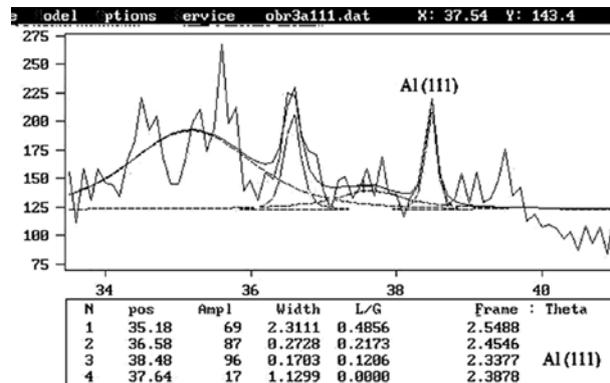
а) (400); б) (800); в) (840)

Рис. 1. Дифрактограммы линий оксида  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в покрытии из стандартного (а, б, в) и диоксида SiO<sub>2</sub> из химически активированного ЭЦ 1 (г, д, е) электролитов [1, 9]

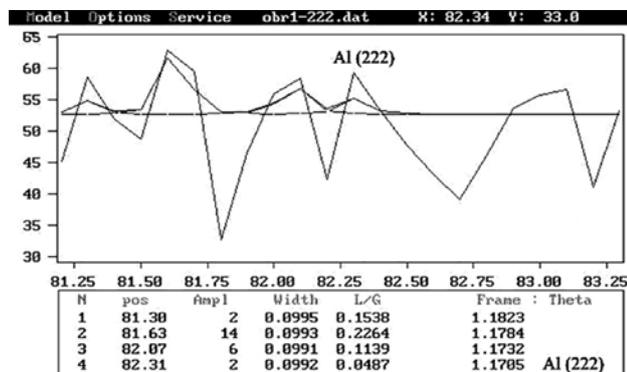
Источник: разработка автора.



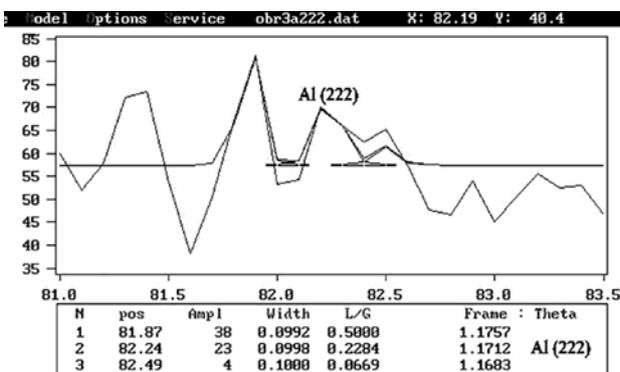
а)



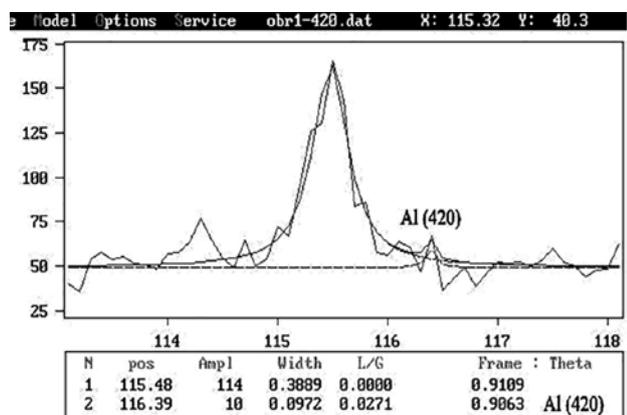
г)



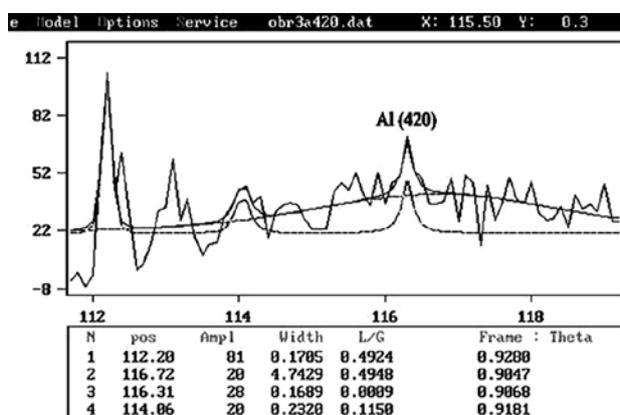
б)



д)



в)



е)

а) (111); б) (222); в) (420)

Рис. 2. Дифрактограммы линий Al (111), (222), (420) алюминиевой основы под оксидным покрытием из стандартного электролита ЭЩ (а, б, в) и химически активированного раствора ЭЩ 1 (г, д, е) [1, 9]

Источник: разработка автора.

Таблица 1

**Параметры тонкой структуры алюминиевой основы под покрытием**

| Электролит | Зона анализа  | Размер ОКР (кристаллитов), Д эфф., nm | Модель плотности распределения ячеек в ОКР | Относительная среднеквадратическая микродеформация | Плотность дислокаций, $\rho \cdot 10^8$ 1/см <sup>2</sup> | Распределение деформаций | Функция физического уширения линий, $\beta$ 1/2 рад. |
|------------|---------------|---------------------------------------|--|--|---|--------------------------|--|
| ЭЩ         | исх. алюминий | 38,2 + 0,56                           | прямоугольная                              | 0,27 + 0,03  | 0,055505  | экспоненциальное         | 0,0068   |
| ЭЩ 1       |               | 35,5 + 0,91                           | прямоугольная                              | 0,52 + 0,07  | 0,0555205   | экспоненциальное         | 0,0131   |

Источник: разработка автора.

Таблица 2

**Параметры тонкой структуры покрытий, полученных в электролитах с разной химической активностью**

| Электролит    | Зона анализа                             | Размер ОКР (кристаллитов), Д эфф., nm | Модель плотности распределения ячеек в ОКР | Относительная среднеквадратическая микродеформация | Плотность дислокаций, $\rho \cdot 10^8$ 1/см <sup>2</sup> | Распределение деформаций | Функция физического уширения линий, $\beta$ 1/2 рад. |
|---------------|--|---------------------------------------|--|--|---|--------------------------|--|
| ЭЩ            | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 435,2 + 3,84                          | экспоненциальная                           | 1,45 + 0,3   | 0,0083142   | экспоненциальное         |  |
| ЭЩ 1          | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 189,2 + 3,84                          | экспоненциальная                           | 1,29 + 0,3   | 0,0253121   | степенное                | 0,1222   |
| ЭЩ 2          | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 213,6 + 3,84                          | экспоненциальная                           | 1,15 + 0,25  | 0,0706324   | степенное                | 0,1084   |
| ЭЩ 3          | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 212,2 + 3,84                          | экспоненциальная                           | 1,11 + 0,24  | 0,104726  | степенное                | 0,1096   |
| ЭЩ 1 с УДА+УЗ | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 218,4 + 3,84                          | экспоненциальная                           | 1,12 + 0,24  | 0,107929  | прямолинейное            | 0,1067   |

Источник: разработка автора.

Однако и при проведении МДО в типовом электролите, то есть стандартным методом, и в активированных растворах отмечена высокая степень однородности блочной структуры металлической основы, о чем свидетельствует прямоугольная модель плотности распределения числа ячеек в ОКР (см. табл. 2). Иллюстрацией этого также являются величины рассчитанных параметров решетки оксидных покрытий и алюминиевой основы под покрытиями (табл. 3).

Таблица 3

**Расчетные параметры решеток покрытия и алюминиевой основы**

| Электролит   | Тип поверхности | Основная фаза                            | Индексы линий (h k l) | $2\theta^\circ$ | a, nm   | Относительная деформация $\Delta a/a_0$ |
|--|-----------------|--|-----------------------|-----------------|---------|---|
| Анализируемый состав оксидного покрытия $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> карт. [10-0425] |                 |  | (840)                 | 146,058         | 0,78905 |   |
| ЭЩ   | покрытие        | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | (840)                 | 146,32          | 0,78851 | 0,6947                                  |
| ЭЩ   | основа          | Al                                       | (420)                 | 116,39          | 0,39542 | 0,0235                                  |
| ЭЩ 1   | покрытие        | SiO <sub>2</sub>                         | (422)                 | 63,98           | 0,71230 | 0,0010                                  |
| ЭЩ 1   | основа          | Al                                       | (420)                 | 116,30          | 0,40554 | -0,0015                                 |
| ЭЩ 2 (0,05 г/л)  | покрытие        | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | (840)                 | 146,20          | 0,78876 | -0,1061                                 |
| ЭЩ 2 (0,1 г/л)   | покрытие        | $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | (840)                 | 146,16          | 0,78884 | -0,3180                                 |

| Электролит      | Тип поверхности | Основная фаза                  | Индексы линий (h k l) | $2\theta^\circ$ | a, nm   | Относительная деформация $\Delta a/a_0$ |
|-----------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------|---------|---|
| ЭЩ 3            | покрытие        | $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ | (840)                 | 146,28          | 0,78859 | -0,1057                                 |
| ЭЩ 1 с УДА и УЗ | покрытие        | $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ | (840)                 | 146,34          | 0,78846 | -0,3703                                 |

Примечание: справочные данные параметров решетки для изучаемых материалов: ( $a_{\text{ASTM}} = 0,79 \text{ nm}$ );  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \text{ Cub } 0,79 \text{ nm}$ ,  $\text{SiO}_2 \text{ Cub } 0,13 \text{ nm}$ ,  $\text{Al Cub } 0,40494 \text{ nm}$ .

Источник: разработка автора.

Расчет величины относительной деформации  $\Delta a/a_0 = a_0 - a_{\text{обр}}/a_0$  показал, что величина напряжений в покрытиях из активированных растворов и металлической основе под такими покрытиями ничтожно мала. Анализ данных указывает на то, что электрическая и механическая интенсификации процесса не приводят к существенным изменениям в решетке основного оксида ( $\alpha$ - или  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) в покрытии. Об этом свидетельствует близость параметра  $a$  к его справочной величине и минимальный уровень напряжений, определяемый параметром  $\Delta a/a_0 \cdot 10^{-3}$ .

Наиболее сильно деформирован оксид в слое, сформированном в стандартном электролите ЭЩ, имеющем наибольшую величину относительной деформации  $\Delta a/a_0 \cdot 10^{-3}$ . Оказалось, что уровень растягивающих напряжений в нем в 2,2 раза выше, чем в покрытии, полученном в растворе, прошедшем комбинированную обработку, и в 6 раз больше, чем в слое из ЭЩ 2 с концентрацией полирадикалов менее 0,16 г/л. В оксидах оптимальных вариантов покрытий отмечены напряжения сжатия, причем в основной фазе покрытия, созданного в механически активированном растворе, уровень этих напряжений в 3 раза ниже, чем в покрытиях из других растворов.

Такие покрытия характеризуются практическим отсутствием растягивающих напряжений в кристаллической решетке и сниженным в 3 раза уровнем напряжений сжатия в основной фазе по сравнению с покрытием, полученным стандартным методом. Следовательно, можно утверждать, что покрытия, созданные методом МДО под комбинированным электромеханическим воздействием различной интенсивности, являются защитным барьером для возникновения растягивающих напряжений в металлической основе, способных вызвать разрушение материала в условиях циклических знакопеременных нагрузок.

*Заключение.* Таким образом, очевидно, что предложенные методические подходы к изучению влияния комбинированного электромеханического воздействия при МДО материала на его напряженное состояние и тонкую структуру позволяют получить исчерпывающую информацию о преимущественном влиянии изученных видов указанного воздействия и оптимизировать их параметры в целях обеспечения высокой работоспособности материалов в различных эксплуатационных условиях за счет наноструктурирования, определяющего высокую степень упрочнения с сохранением пластичности, с отсутствием в ряде случаев растягивающих напряжений в кристаллической решетке и сниженным в 3 раза уровнем напряжений сжатия.

**Используемые источники информации:**

1. Чигринова, Н. М. Анодное микродуговое оксидирование: проблемы, решения, перспективы / Н. М. Чигринова // Монография. — Минск, Бестпринт. — 2019. — 299 с.
2. Чигринова, Н. М. Ультразвуковая интенсификация низкотемпературного плазменного синтеза керамико-подобных покрытий вентильных металлов / Н. М. Чигринова, В. Е. Чигринов // Инженерно-физический журнал. — 2019. — Т. 93. — № 4. — С. 1016–1022.
3. Chigrinova, N. M. Setting up a system and an algorithm of adaptive control in regime of real time with electrolyte flows during formation of oxide-ceramic coatings / N. M. Chigrinova // Journal of SPIE: Nanodesign, Technology, and Computer Simulation. — USA, 2004. — Vol. 6597, 65971A-5.
4. Срагович, В. Г. Адаптивные системы / В. Г. Срагович. — М.: Наука, 1981. — 384 с.
5. Ядыкин, И. Б. Адаптивное управление сложными технологическими процессами / И. Б. Ядыкин [и др.] // Зарубежная радиоэлектроника. — 1980. — № 8. — С. 3–25.

6. Чигринова, Н. М. Основные параметры процесса и характеристики покрытий как критерии оценки эффективности метода анодного микродугового оксидирования / Н. М. Чигринова, Е. И. Воробьева // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Известия НАН Беларуси, серия физико-технических наук. — 2019. — Т. 64. — № 4. — С. 419–428.
7. Система автоматизации рентгеновских дифрактометров серии «ДРОН». Программа X-Ray, версия 2.0: руководство пользователя. — М.: МГУ, 1995. — 44 с.
8. Система автоматизации рентгеновских дифрактометров серии «ДРОН». Программа X-Ray, версия 2.1. — М.: МГУ, 2001.
9. Программный комплекс качественного и количественного рентгенофазового анализа PDWIN. — С.-Петербург: ЛНПО «Буревестник», 1987.
10. Протасова, Н. А. Рентгенодифрактометрическое исследование тонкой структуры монокристаллических лопаток из никелевых сплавов: дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Протасова. — М.: ВИАМ, 1993.
11. Chigrinova, N. M. Use of inoculated surface compositions for creation of nano-structural layers in functional peo-coatings / N. M. Chigrinova // EUROMAT 2005: материалы Европейского конгресса современных материалов и технологий, Прага, 5–8 сентября 2005 г. — Прага, 2005. — Pp. 1215–1218.

УДК 004.5:004.8

## ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И МАШИНЫ В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

### EVOLUTION OF HUMAN-MACHINE INTERACTION IN ERGATIC SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

**П. И. Балтрукович,**

доцент кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», канд. техн. наук, доцент,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Л. П. Пилиневич,**

профессор кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», д-р техн. наук, профессор,  
г. Минск, Республика Беларусь

**P. Baltrukovich,**

Associate Professor of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics of the Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Minsk, Republic of Belarus

**L. Pilinevich,**

Professor of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics of the Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 01.04.2025.

В статье исследуется влияние искусственного интеллекта на эргатические системы «человек — машина — среда» с акцентом на повышение эффективности, безопасности и адаптивности. Особенностью является применение искусственного интеллекта для оптимизации принятия решений через системы поддержки, снижение когнитивной нагрузки оператора и минимизацию ошибок, вызванных человеческим фактором. Предложены методы анализа корреляционных функций для оценки степени автоматизации, а также адаптивные алгоритмы в энергетике и транспорте. Особое внимание уделено объяснимому искусственному интеллекту (Explainable AI) для повышения доверия операторов. Результаты

выполненных исследований демонстрируют перспективность ИИ в прогнозировании аварий и управлении динамическими системами, что открывает пути к созданию более надежных эргатических комплексов.

The article examines the impact of artificial intelligence on human-machine-environment ergatic systems with an emphasis on improving efficiency, safety, and adaptability. A special feature is the use of AI to optimize decision-making through support systems, reduce the operator's cognitive load, and minimize errors caused by the human factor. Methods for analyzing correlation functions to assess the degree of automation, as well as adaptive algorithms in energy and transport, are proposed. Particular attention is paid to Explainable AI to increase operator confidence. The results of the studies demonstrate the promise of AI in predicting accidents and managing dynamic systems, which opens the way to creating more reliable ergatic complexes.

**Ключевые слова:** технологии искусственного интеллекта, эргатические системы, взаимодействие человека и машины.

**Keywords:** artificial intelligence technologies, ergatic systems, human-machine interaction.

*Введение.* Развитие взаимодействия между человеком и машиной в эргатических системах занимает важное место в ряду актуальных научных и технических задач, так как эргатические системы требуют эффективного управления информационными потоками и минимизации когнитивной нагрузки на оператора. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) позволяет автоматизировать рутинные задачи, анализировать большие объемы данных и предоставлять интеллектуальные рекомендации, что значительно повышает эффективность взаимодействия основных компонентов системы [1–3].

Технологии ИИ способны адаптироваться к индивидуальным особенностям пользователя, предсказывать его действия и предлагать оптимальные решения, что особенно важно в условиях динамически изменяющихся сред, таких, например, как управление промышленными процессами, транспортными системами или медицинская диагностика. Совершенствование взаимодействия человека и машины с использованием ИИ открывает новые возможности для создания более эффективных, безопасных и адаптивных систем, способных работать в условиях высокой степени сложности решаемых задач и неопределенности.

*Описание эргатической системы и влияние искусственного интеллекта на ее функциональное состояние.* Термин «эргатическая система» впервые был принят в 1960 г. на Первом конгрессе Международной федерации по автоматическому управлению в целях обозначения систем, включающих человека, который функционирует в совокупности с комплексом технических средств. Позднее содержание данного понятия расширилось, но в общем виде эргатическая система — это любая система, работающая с участием человека. Таким образом, в настоящее время эргатическая система представляется как сложная структура, в которой взаимодействуют три ключевых компонента: человек, машина и внешняя среда [4]. Функциональное состояние такой системы определяется эффективностью взаимодействия этих элементов, их адаптивностью к изменяющимся условиям и способностью выполнять поставленные задачи.

Человек играет центральную роль в своем влиянии на эргатическую систему, однако его возможности ограничены физиологическими и психологическими характеристиками, такими как утомляемость, физическая и когнитивная нагрузки.

Машина, в свою очередь, обеспечивает выполнение поставленных задач, но ее работа зависит от критериев настройки, применяемых алгоритмов, надежности и соответствия требованиям оператора.

Внешняя среда, включая условия производства, климатические факторы или уровень шума, может как способствовать, так и препятствовать эффективной работе системы.

Управление для эргатической системы является ключевой функцией, обеспечивающим эффективность ее работы, координацию взаимодействия между человеком, машиной и внешней средой. В общем случае модель управления эргатической системой можно представить в виде модели «черный ящик» с входами и выходами, который постепенно детализируется до необходимого уровня. С этой целью часто востребован стандарт IDEF0, который применяется при организации проектов, основанных на моделировании процессов (рис. 1) [5].

На рис. 1 действия человека представлены тремя входящими значениями, которые он готовит: решением на действие (фактор активности), критериями (фактор влияния) и алгоритмами (механизм). Внешняя среда также относится к фактору влияния.

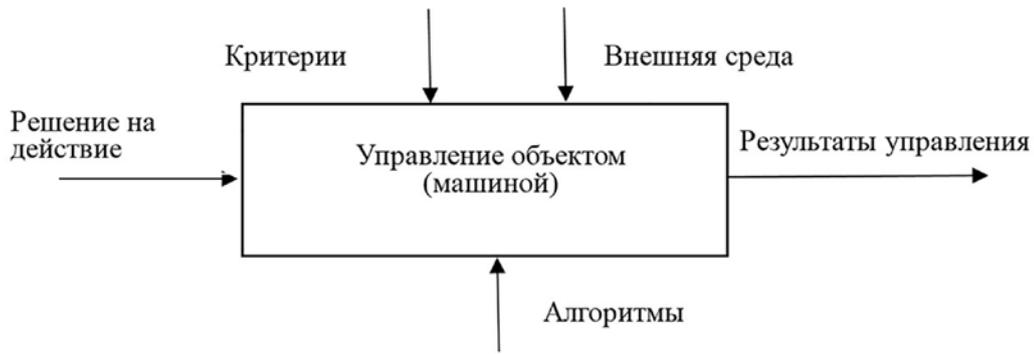


Рис. 1. Общий вид модели управления эргатической системой

Источник: разработка авторов.

Таким образом, оператор управляет машиной с заданными критериями, принимая решения на управление этим устройством (машиной), запуская необходимый алгоритм и реагируя на изменения внешней среды. Характеристики эргатической системы можно определить, используя ее структурную схему (рис. 2) [6].

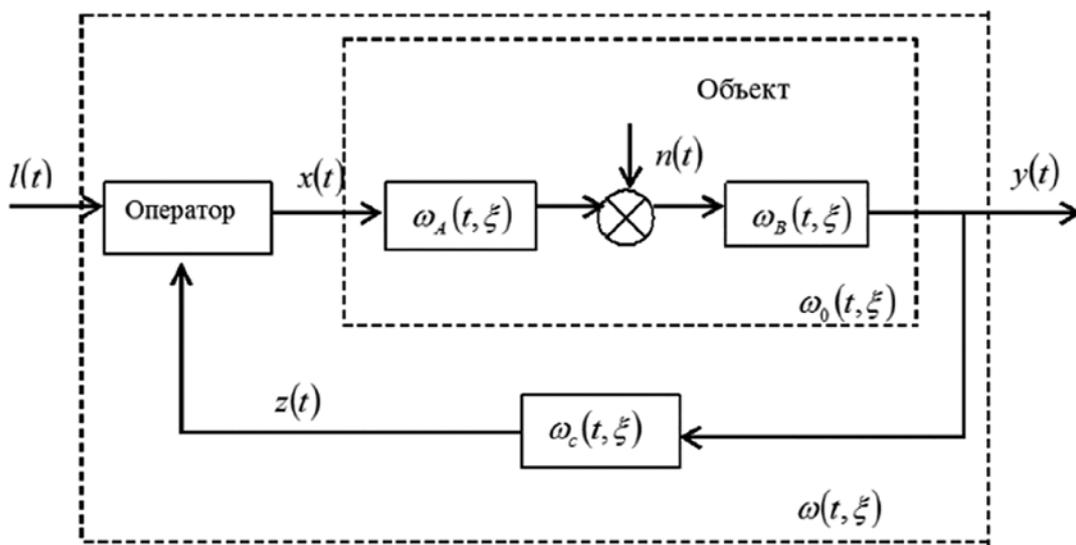


Рис. 2. Структурная схема управляемой эргатической системы:

- $I(t)$  — управляющий сигнал (или программа);  $x(t)$  — исполнительный сигнал;  $z(t)$  — сигнал обратной связи;
- $n(t)$  — помеха (воздействие внешней среды);  $y(t)$  — это выходной сигнал системы, который, формируется через свертку с импульсными переходными функциями  $\omega_O(t, \xi)$ ,  $\omega_A(t, \xi)$  и  $\omega_B(t, \xi)$ ;  $\omega(t, \xi)$  — импульсная переходная функция системы;
- $\omega_O(t, \xi)$  — импульсная переходная функция объекта (может быть представлена как комбинация  $\omega_A(t, \xi)$  и  $\omega_B(t, \xi)$ , например, как их сумма или другая суперпозиция в зависимости от структуры системы);
- $\omega_C(t, \xi)$  — импульсная переходная функция обратной связи;  $\omega_A(t, \xi)$  — импульсная переходная функция части объекта, где действием помехи можно пренебречь;
- $\omega_B(t, \xi)$  — импульсная переходная функция части объекта, где следует учитывать действие помехи;
- $\xi$  — момент времени, в который на систему подается входной импульс (например, управляющий сигнал или помеха),
- $t$  — момент времени, в который наблюдается реакция системы на этот импульс

Источник: разработка авторов.

При расчетах характеристик можно воспользоваться математическими формулами, представленными в работе [7]. Так, для управляемой системы, схема которой приведена на рис. 2, справедливо следующее:

$$x(t) = l(t) + z(t), \quad (1)$$

$$F(\tau) = R_{lx}(\tau) - R_l(\tau), \quad (2)$$

где  $F(\tau)$  — функция, которая описывает разницу между двумя корреляционными функциями;  
 $\tau$  — временной сдвиг, используемый для анализа корреляционных функций;  
 $R_{lx}(\tau)$  — взаимная корреляционная функция между двумя сигналами  $l(t)$  и  $x(t)$ ;  
 $R_l(\tau)$  — автокорреляционная функция процесса  $l(t)$ .

Формула (1) описывает принцип замкнутого управления, который лежит в основе работы эргатических систем и заключается во взаимодействии входного воздействия (управляющего сигнала) и обратной связи для формирования исполнительного сигнала. Этот принцип позволяет системе учитывать как входные команды, так и обратную связь, что делает ее более гибкой, адаптивной и надежной.

В контексте применения ИИ это открывает возможности для создания интеллектуальных систем, способных эффективно взаимодействовать машине с человеком и окружающей средой, учитывая заданные критерии и алгоритмы.

Поскольку функция  $F(\tau)$  отражает эффективность, устойчивость и другие характеристики системы, то, проведя расчет по формуле (2), мы можем оценить, насколько взаимная корреляция между процессами  $l(t)$  и  $x(t)$  отличается от автокорреляции процесса  $l(t)$ .

Если  $F(\tau)$  будет близко к нулю, это может указывать на слабую связь между процессами, что позволяет говорить о снижении роли оператора (человеческого фактора) и высокой степени автоматизации системы. Если  $F(\tau)$  значительно отличается от нуля, это говорит о наличии сильного влияния одного процесса на другой, что предполагает возрастание роли оператора. Это может свидетельствовать о недостаточной автоматизации или о том, что система плохо адаптирована к работе с человеком. Учет этих параметров важен для оценки степени зависимости между ними и принятия оптимальной технологии ИИ.

Вместе с тем следует отметить, что формализованное описание системы не всегда возможно и тогда возникает необходимость использования итеративных методов [6, 7].

Таким образом, применение ИИ в эргатических системах открывает новые возможности влияния на управление объектом. С учетом изложенного рассмотрим подробнее потенциальные возможности применения инновационных технологий ИИ, позволяющие повысить эффективность процессов принятия решений, безопасность и надежность их функционирования.

*Оптимизация процессов принятия решений в эргатических системах* представляет собой сложную задачу. Эргатические системы требуют эффективного управления информационными потоками и минимизации когнитивной нагрузки на оператора, поэтому широко практикуется интегрирование ИИ в системы поддержки принятия решений, где он анализирует текущее состояние системы, предлагает возможные сценарии действий и оценивает их последствия. Так, в работе [8] описана подобная система поддержки принятия решений (СППР), применяемая для защиты окружающей среды. В целом СППР для различных сфер деятельности позволяют операторам сосредоточиться на стратегических аспектах, делегируя аналитические задачи машине.

СППР незаменимы в авиации, поскольку, несмотря на постоянное развитие технологий, повышение автоматизации, которая позволяет снять часть нагрузки с пилота, улучшение систем безопасности, авиационные происшествия по-прежнему продолжают происходить по всему миру. Одной из основных причин таких происшествий сегодня остается человеческий фактор, который может проявляться как в ошибках пилотов, так и в недостаточной квалификации персонала или неправильном выполнении процедур [9]. В данной ситуации важным направлением оптимизации эргатических систем является использование методов машинного обучения, таких как нейронные сети, для прогнозирования и классификации ситуаций. В результате алгоритмы глубокого обучения способны выявлять сложные паттерны в данных [10], что особенно полезно в условиях неопределенности или при работе с неполной информацией.

Однако в подобных случаях внедрение ИИ в эргатические системы сопряжено с рядом вызовов, связанных с недоверием операторов действиям ИИ, что способствует разработке и продвижению систем с прозрачными алгоритмами. Для решения таких задач предложены методы объяснимого ИИ, которые способны раскрыть свои действия и принимать решения понятным для людей образом.

Важным элементом оптимизации является адаптивность ИИ-алгоритмов, которые могут обучаться на основе обратной связи и изменять свои модели в зависимости от новых данных. Имеется много прикладных примеров этому, касающихся различных сфер деятельности. Остановимся на одном из них. В работе, опубликованной в Новосибирском государственном техническом университете, разработан и апробирован адаптивный алгоритм роевого интеллекта для решения оптимизационных задач в электроэнергетике и доказана высокая эффективность этих алгоритмов в повышении устойчивости электроэнергетических систем за счет автоматической адаптации под различные условия [11].

Таким образом, оптимизация процессов принятия решений в эргатических системах с использованием ИИ является перспективным, но сложным направлением. Несмотря на развитие автоматизации, человеческий фактор остается основной причиной ошибок, что подчеркивает необходимость развития интеллектуальных систем поддержки.

*Повышение безопасности и надежности эргатических систем* является одной из первостепенных задач в современных условиях, где человеко-машинные взаимодействия становятся все более сложными и ответственными. Такая постановка задачи связана с тем, что эргатические системы часто функционируют в критически важных областях, таких как авиация, энергетика, транспорт, медицина и др., где ошибки могут привести к тяжелым последствиям. Так, статистика эксплуатации технически сложных систем свидетельствует о том, что на долю человеческого фактора приходится от 40 до 70 % всех отказов. В соответствии с мировой статистикой 80 % катастроф в авиации и 64 % на морском флоте происходит в результате ошибок человека. В атомной энергетике эта цифра достигает 70 % [12].

ИИ, благодаря своей способности анализировать большие объемы данных, выявлять скрытые закономерности и адаптироваться к изменяющимся условиям, предлагает новые подходы к минимизации рисков и повышению устойчивости таких систем. Интеграция ИИ позволяет не только повысить эффективность работы систем, но и снизить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, что делает его незаменимым инструментом в современных условиях.

Одним из основных направлений применения ИИ является прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций. В авиации, например, ИИ может анализировать данные о состоянии самолета, действиях пилота и внешних условиях, таких как погода, чтобы предсказать потенциальные угрозы и предложить меры по их устранению. Важным шагом в этом направлении стало создание системы мониторинга состояния воздушных судов (Aeronautical Message Handling System — AHMS), которая способствовала существенному улучшению показателей технического обслуживания самолетов гражданской авиации. В настоящее время воздушные суда оснащены сложными системами AHMS, которые непрерывно отслеживают и анализируют показатели работоспособности критических подсистем, включая двигатели, авионику, гидравлику и структурные компоненты, собирают высокочастотные данные со встроенных датчиков для их постоянного мониторинга. Так, двигатель фирмы Pratt & Whitney PW1000G имеет около 5000 датчиков, способных генерировать до 10 Гб данных в секунду. Один двухдвигательный самолет со средним временем полета 12 ч может выдавать до 844 Тб данных, которые можно использовать для обнаружения неисправностей, как только они появляются [13]. Алгоритмы машинного обучения, такие как методы глубокого обучения, позволяют выявлять сложные зависимости в данных, что повышает точность прогнозов и снижает вероятность человеческих ошибок. Кроме того, анализируя данные от датчиков, ИИ способен выявлять ранние признаки износа или перегрузки, что позволяет своевременно проводить техническое обслуживание и предотвращать аварии.

В медицинских эргатических системах (хирургические роботы или системы диагностики) ИИ может повысить безопасность за счет анализа данных в реальном времени и предоставления рекомендаций врачам. Технологии ИИ позволяют также уменьшать количество ошибок, предоставлять данные в режиме реального времени, экономить время и улучшать взаимодействие врача и пациента [14].

В транспортных системах (автономные автомобили или системы управления железнодорожным транспортом) ИИ играет ключевую роль в обеспечении безопасности. Алгоритмы ИИ анализируют

данные с камер, лидаров и других датчиков, чтобы предсказать поведение других участников движения и избежать столкновений. В случае с автономными автомобилями ИИ также учитывает такие факторы, как дорожные условия и состояние транспортного средства, чтобы принимать оптимальные решения в реальном времени [15].

В промышленных эргатических системах ИИ может повысить надежность за счет оптимизации процессов и минимизации рисков. Например, в нефтегазовой отрасли ИИ анализирует данные о состоянии оборудования и условиях эксплуатации, чтобы предсказать возможные аварии, такие как утечки или взрывы, и предложить меры по их предотвращению [16]. Это не только повышает безопасность, но и снижает затраты на ремонт и простои.

В то же время внедрение ИИ в эргатические системы требует решения ряда проблем, таких как обеспечение устойчивости алгоритмов к кибератакам, минимизация ложных срабатываний и обеспечение совместимости с существующими технологиями. Для этого применяются методы тестирования и валидации, которые позволяют оценить надежность и безопасность систем до их внедрения. Кроме того, важно учитывать человеческий фактор, так как даже самые совершенные системы требуют взаимодействия с оператором. В этом контексте ИИ может быть использован для снижения когнитивной нагрузки на человека, предоставляя ему только необходимую информацию и рекомендации.

Таким образом, использование ИИ для повышения безопасности и надежности эргатических систем открывает широкие возможности для минимизации рисков и повышения эффективности.

*Заключение.* Проведенные исследования свидетельствуют, что ИИ способен значительно повысить эффективность эргатических систем за счет автоматизации процессов решения сложных задач, анализа больших объемов данных и адаптации к индивидуальным особенностям оператора. В статье особое внимание уделено инновационной роли ИИ в оптимизации процессов принятия решений, повышении безопасности и надежности эргатических систем в критически важных областях.

Результаты исследования имеют важное прикладное значение для проектирования и модернизации эргатических систем в различных отраслях. Внедрение предложенных методов, включая объяснимый ИИ и адаптивные алгоритмы, создают условия:

- для снижения количества аварий за счет повышения безопасности и надежности эргатических систем, например в авиации и энергетике;
- оптимизации взаимодействия оператора с системой, что связано с уменьшением когнитивной нагрузки на оператора;
- повышения доверия к ИИ-решениям за счет прозрачности алгоритмов, что критически важно в медицине и транспорте.

Дальнейшее совершенствование взаимодействия человека и машины в эргатических системах с использованием технологий ИИ позволит создавать более эффективные, безопасные и гибкие эргатические системы, минимизирующие влияние человеческого фактора и работающие в условиях высокой неопределенности.

#### **Используемые источники информации:**

1. Алборова, В. В. Искусственный интеллект: автоматизация процессов и интеллектуальные системы управления производством / В. В. Алборова, Ю. В. Перевозчикова, С. В. Пальмов // Индустриальная экономика. — 2024. — № 1. — С. 39–43.
2. Сопина, Н. В. Перспективы внедрения нейросетей и искусственного интеллекта на промышленном производстве / Н. В. Сопина, С.-А. Р. Маккаева // Journal of Monetary Economics. — 2023. — № 3. — Р. 222–227.
3. Афанасьев, В. И. Интеграция искусственного интеллекта в современных отраслях экономики: актуальная практика / В. И. Афанасьев // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2024. — Т. 5. — № 5. — С. 50–60.
4. Павлова, А. М. Психология труда: учеб. пособие / А. М. Павлова; под ред. Э. Ф. Зеера. — Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. — 156 с.
5. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования = Рекомендации по стандартизации: ГОСТ Р 50.1.028-2001. — Введ. 02.07.2001. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. — 50 с.
6. Данилов, А. М. Структурирование эргатических систем / А. М. Данилов, А. С. Давыдов // Современные научные исследования и инновации. — 2015. — № 3. — Ч. 1 (47). — С. 167–170.

7. Данилов, А. М. Подходы к анализу и синтезу эргатических систем / А. М. Данилов, И. А. Гарькина // Региональная архитектура и строительство. — 2015. — № 4. — 109–114.
8. Салимханова, А. С. Использование искусственного интеллекта и системы поддержки принятия решений в области защиты окружающей среды / А. С. Салимханова // Вестник Казахстанско-Британского технического университета / Физико-математические и технические науки. — 2021. — № 1 (56). — С. 143–149.
9. Кричевский, С. В. История безопасности полетов: методология, опыт, перспективы / С. В. Кричевский // Научный Вестник МГТУ ГА. — 2023. — Т. 26. — № 2. — С. 8–17.
10. LeCun, Y. Deep learning / Y. LeCun, Y. Bengio, G. Hinton // Nature. — 2015. — No. 521 (7553). — P. 436–444.
11. Матренин, П. В. Разработка адаптивных алгоритмов речевого интеллекта в проектировании и управлении техническими системами: дис. канд. техн. наук: 05.13.01 / П. В. Матренин. — Новосибирск, 2018. — 197 л.
12. Инженерная психология и эргономика: учебник для вузов / под ред. Е. А. Климова, О. Г. Носковой, Г. Н. Солнцевой. — М.: Юрайт, 2021. — 180 с.
13. Никитенко, А. А. Влияние процессов цифровизации на развитие мирового рынка услуг по обеспечению летной годности гражданских самолетов / А. А. Никитенко // Российский внешнеэкономический вестник. — 2020. — № 5. — С. 53–59.
14. Ламоткин, А. И. Искусственный интеллект в здравоохранении и медицине: история ключевых событий, его значимость для врачей, уровень развития в разных странах / А. И. Ламоткин [и др.] // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. — 2024. — № 17 (2). — 243–250.
15. Суфиянов, Р. Ш. Применение элементов искусственного интеллекта в современных автомобилях / Р. Ш. Суфиянов // Тенденции развития науки и образования. — 2022. — № 82-2. — С. 90–93.
16. Чекулаев, В. О. Будущее добывающей промышленности: роль искусственного интеллекта / В. О. Чекулаев // Бизнес-образование в экономике знаний. — 2024. — № 1. — С. 139–143.

УДК 339.92

## НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА

## DIRECTIONS FOR THE FORMATION OF THE TECHNOLOGICAL BALANCE STRUCTURE

**Е. В. Бертош,**

заведующая кафедрой «Бизнес-администрирование» Белорусского национального технического университета, канд. экон. наук, доцент,  
Минск, Республика Беларусь

**E. Bertosh,**

Head of the Department “Business Administration” of the Belarusian National Technical University, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 09.04.2025.

В статье представлена методология оценки технологического баланса страны, тенденции развития мирового экспорта и импорта технологий с 2014 по 2023 г. Исследована взаимосвязь между наукоемкостью ВВП, экспортом высокотехнологичной продукции и трансфером технологий. Показано влияние трансфера технологий на высокотехнологичный экспорт. Определены приоритетные научные, научно-технические и инновационные направления для формирования оптимальной структуры технологического баланса Республики Беларусь.

The article presents a methodology for assessing the technological balance of the country, trends in the development of global technology exports and imports from 2014 to 2023. The relationship between the scientific intensity of GDP, the export of high-tech products and technology transfer is investigated. The influence of technology transfer on high-tech exports is shown.

Priority scientific, scientific, technical and innovative directions have been identified for the formation of an optimal structure of the technological balance of the Republic of Belarus.

**Ключевые слова:** объекты интеллектуальной собственности, трансфер технологий, технологический баланс.

**Keywords:** intellectual property objects, technology transfer, technological balance.

*Введение.* В условиях цифровой трансформации наблюдаются быстрые технологические изменения, создающие как возможности, так и риски для экономики и общества в целом. Для определения существующих перспектив экономического развития за счет использования современных технологий наряду с традиционными инструментами международного и макроэкономического анализа используют методику составления технологического баланса.

Согласно изданию «Руководство Фраскати 2002: Измерение научной и технологической деятельности — Предлагаемая стандартная практика для обследований по исследованиям и экспериментальным разработкам», технологический баланс трактуется как документ, отражающий объем поступлений и платежей от международной торговли технологиями [1].

Эксперты ЮНКТАД понятие технология трактуют как «...систематизированные знания, которые используются для выпуска соответствующей продукции, для применения соответствующего процесса или для предоставления услуг» [2]. Исходя из данного определения, основные виды технологий представлены на рисунке.



Основные виды передаваемых технологий

Источник: авторская разработка на основе данных [2].

Таким образом, в технологическом балансе могут учитываться финансовые потоки от использования технологий в виде патентов за счет заключения договоров полной уступки прав на объекты интеллектуальной собственности (ОИС), заключения лицензионных договоров на использование ОИС, в том числе ноу-хау, франчайзинг, инжиниринговые и консалтинговые услуги, финансирование промышленных НИОКР [1].

В состав технологического баланса страны, по мнению Е. Л. Давыденко, целесообразно включать потоки средств: от торговли патентами, лицензиями, ноу-хау; от продажи торговой марки, полезной модели; от оказания технологических услуг, технической помощи и осуществления промышленных НИОКР [3].

Однако на практике в силу многообразия ОИС достаточно сложно определить, какие статистические показатели могут быть использованы для формирования технологического баланса страны.

Эксперты Международного валютного фонда (МВФ) в шестом издании Руководства по платежному балансу и международной инвестиционной позиции оценивают объемы поступлений от использования ОИС в виде: а) платы за использование неовещественной технологии в результате проведения НИОКР (патенты, ноу-хау, торговые марки, авторские права, права на промышленные процесс и дизайн); б) поступления от использования овещественной технологии посредством заключения лицензионного договора на пользование либо на воспроизводство и распространение ОИС, воплощенных в программном обеспечении, книгах, аудио и видеозаписях и др. [4].

*Основная часть.* Страны ЕС используют методику МВФ по расчету технологического баланса. Сальдо финансовых потоков от использования технологий странами ЕС за 10 лет представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Технологический баланс, млн евро**

| Страна/регион                           | 2014 г.   | 2019 г.   | 2023 г.    |
|---|-----------|-----------|------------|
| Европейский союз — 27 стран (с 2020 г.) | -33 923,9 | -56 952,0 | -112 148,7 |
| Дания                                   | 614,2     | 1852,6    | 3499,4     |
| Германия                                | 7952,0    | 16 435,0  | 21 726,0   |
| Ирландия                                | -23 293,0 | -48 605,0 | -124 239,0 |
| Франция                                 | 3431,0    | 5249,0    | 2207,0     |
| Люксембург                              | -390,0    | -2205,0   | -3870,0    |
| Венгрия                                 | 26,6      | 86,3      | 343,5      |
| Нидерланды                              | -22 590,8 | -29 265,8 | -4834,5    |
| Финляндия                               | 1130,0    | 2094,0    | 2068,0     |
| Швеция                                  | 2236,0    | 585,9     | -5630,1    |

Источник: авторская разработка на основе данных [5].

Согласно данным табл. 1, в странах ЕС наблюдается отрицательное сальдо технологического баланса. Страны ЕС в большей степени являются реципиентами иностранных технологий. На протяжении 10 лет, с 2014 по 2023 г., наблюдается тенденция по увеличению объемов импорта технологий странами ЕС. В 2019 г. объемы импорта увеличились на 68 % по сравнению с 2014 г., а в 2023 г. — на 96 % по сравнению с 2019 г. Основными импортерами технологий среди стран ЕС являются: Ирландия с 64 % (133 732,0 млн евро) долей в общем объеме импорта технологий стран ЕС в 2023 г., Нидерланды — 12 % (24 713,1 млн евро); Швеция — 5 % (1048,1 млн евро), Люксембург — 3 % (5084,0 млн евро).

Ведущим экспортером технологий среди стран ЕС является Германия. На долю страны в 2023 г. приходилось порядка 34 % (33 259,0 млн евро) объемов экспортных поступлений, далее по объему экспортных поступлений следуют Нидерланды — 20 % (19 878,6 млн евро), Франция — 10 % (9860,0 млн евро), Ирландия — 9,7 % (9493,0 млн евро) [5].

В 2023 г. крупнейшим торговым партнером ЕС в торговле технологиями были Соединенные Штаты, на долю которых пришлось 45,0 % импорта и 47,3 % экспорта. Великобритания находится на втором месте по импорту с 9,6 %, за ней следует Индия с 6,4 %. Швейцария была вторым по величине партнером по экспорту с 14,4 %, за ней следует Великобритания с 13,0 % от общего объема экспорта технологий стран ЕС в 2023 г. [6].

Вместе с тем на протяжении рассматриваемого периода для стран ЕС характерно наличие устойчивого отрицательного сальдо технологического баланса. Данная тенденция прослеживается в целом по всем странам мира. Так, в 2023 г. наблюдается отрицательное мировое сальдо технологического баланса в размере 99 720,1 млн долл. США, что на 58 % больше по сравнению со значением 2014 г. Отрицательное мировое сальдо в торговле технологиями составило в 2014 г. 58 618,2 млн долл. США.

Основными донорами технологий в мире в 2023 г. являлись страны — члены Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР): на их долю приходилось 94 % мировых поступлений от экспорта технологий, стран ЕС — 38 %. Доля стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в мировых объемах экспорта в 2023 г. составила 0,14 %, в то время как США имеют 28,0 % мировых поступлений, Япония — 10,5 %, КНР — 2,3 %. На протяжении 10 лет, с 2014 по 2023 г., наблюдается перераспределение позиций между регионами стран и странами в объемах экспорта технологий. По сравнению с 2014 г. постепенно сокращается доля мирового экспорта технологий стран — членов ОЭСР (97,0 %), государств — членов ЕАЭС (0,22 %), США (36,6 %) в пользу стран ЕС (31,3 %) и КНР (0,21 %), причем темп прироста объема экспортных поступлений от трансфера технологий КНР в период с 2014 по 2023 г. составил 162,0 %, достигнув тем самым наибольшего значения в анализируемый период [7].

Сокращение объемов экспорта находит свое отражение в увеличении объемов платежей за использование иностранных технологий. Доля импорта технологий стран — членов ОЭСР в 2014 г. составила 77,8 %, а в 2023 г. — 81,1 %, в соответствии с чем доля импорта технологий стран ЕС составила 43,0 и 51,0 % соответственно. Для КНР, наряду с увеличением объемов экспорта технологий, характерно увеличение доли потребления иностранных технологий. Мировая доля импорта технологий КНР в 2014 г. составила 6,0 %, в 2023 г. — 7,3 %.

В свою очередь, для государств — членов ЕАЭС характерно сокращение объемов потребления иностранных технологий (доля импорта технологий в 2014 г. находилась на уровне 2,2 %, в 2023 г. — 0,6 %) [8]. Так, в Республике Беларусь в 2021 г. сложилось отрицательное сальдо технологического баланса на сумму 124,8 млн долл. США, что приблизительно соответствует значению 2017 г. (–122,0 млн долл. США), но значительно ниже уровня 2014 г. (–198,2 млн долл. США). Наблюдается постепенное сокращение величины отрицательного сальдо в торговле технологиями в Республике Беларусь. За период с 2014 по 2021 г. произошло увеличения объемов экспорта белорусских технологий на 35 % (2014 г. — 39,1 млн долл. США, 2021 г. — 123,8 млн долл. США). Импорт технологий за рассматриваемый период увеличился только на 5 % (2014 г. — 237,3 млн долл. США, 2021 г. — 248,7 млн долл. США) [7, 8].

Безусловно, увеличение объемов экспорта технологий оказывает положительное влияние на экономическое развитие страны не только в части роста объемов валютной выручки от продажи технологий, но и стимулирует развитие высокотехнологичного производства в стране, что подтверждают результаты проведенного корреляционного анализа таких показателей, как доля импортных платежей от использования технологий (в процентах от ВВП), доля экспортных платежей от использования технологий (в процентах от ВВП), доля производства высокотехнологичной продукции (в процентах от ВВП), наукоемкость ВВП (табл. 2, 3).

Таблица 2

**Исходные данные для проведения парной корреляции**

| Годы | Доля высокотехнологичного экспорта, % от ВВП | Доля импорта технологий, % от ВВП | Доля экспорта технологий, % от ВВП | Наукоемкость ВВП |
|------|--|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|
| 2014 | 2,95   | 0,47                              | 0,40                               | 2,09             |
| 2015 | 3,02   | 0,54                              | 0,44                               | 2,12             |
| 2016 | 2,91   | 0,50                              | 0,44                               | 2,17             |
| 2017 | 3,26   | 0,51                              | 0,45                               | 2,16             |
| 2018 | 3,35   | 0,52                              | 0,46                               | 2,24             |
| 2019 | 3,24   | 0,53                              | 0,47                               | 2,30             |
| 2020 | 3,33   | 0,55                              | 0,47                               | 2,49             |
| 2021 | 3,52   | 0,57                              | 0,50                               | 6,62             |
| 2022 | 3,66   | 0,56                              | 0,47                               | –                |
| 2023 | 3,22   | 0,55                              | 0,46                               | –                |

Источник: авторская разработка на основе данных [7, 8, 9, 10].

Результат парной корреляции

| Показатель                                    | Доля высокотехнологичного экспорта, % от ВВП | Доля импорта технологий, % от ВВП | Доля экспорта технологий, % от ВВП | Наукоёмкость ВВП |
|---|--|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Доля высокотехнологичного экспорта в % от ВВП | 1  |                                   |                                    |                  |
| Доля импорта технологий в % от ВВП            | 0,740631399                                  | 1                                 |                                    |                  |
| Доля экспорта технологий в % от ВВП           | 0,787817504                                  | 0,870179027                       | 1                                  |                  |
| Наукоёмкость ВВП                              | 0,646101036                                  | 0,642537295                       | 0,684743699                        | 1                |

Источник: авторская разработка.

*Заключение.* По результатам парной корреляции доказана взаимосвязь между вышеназванными показателями, на которых основано формирование сальдо технологического баланса страны. Наблюдается сильная взаимосвязь между экспортом высокотехнологичной продукции и финансовыми потоками от продажи и покупки технологий, то есть можно констатировать, что не только экспорт (0,7878), но и импорт технологий (0,7406) оказывает влияние на увеличение величины экспорта высокотехнологичных товаров. В свою очередь, экспорт технологий и наукоёмкость ВВП имеют более сильную взаимосвязь (0,6847) по сравнению с долей высокотехнологичного экспорта (0,6461) и долей импорта технологий (0,6425).

Стоит отметить, что экспорт и импорт технологий имеют высокую степень взаимосвязи (0,8702). Это свидетельствует о том, что технологическое развитие отдельно взятой страны зависит не только от создания и экспорта национальных технологий, но и от привлечения в страну иностранных технологий в результате их диффузии и применения в реальном секторе экономики страны.

Для достижения оптимальной структуры технологического баланса Республики Беларусь необходимо определить приоритетные технологии, которые могут быть созданы не только в отраслевой, но в первую очередь в академической и вузовской науке страны для последующей их коммерциализации на внутреннем и внешних рынках; во-вторых, увеличить долю расходов на НИОКР в структуре ВВП страны для развития приоритетных технологий; в-третьих, совершенствовать механизм коммерциализации результатов НИОКР.

В качестве приоритетных технологий на примере научно-технических разработок Белорусского национального технического университета (БНТУ) могут рассматриваться технологии искусственного интеллекта: разработка виртуальных мультипользовательских учебно-методических комплексов на базе игровых технологий и интерактивного и/или автоматизированного, представления учебного контекста с использованием методов искусственного интеллекта; технологии сбора, хранения, обработки, защиты высокоскоростной передачи и распределения информации, кибербезопасности (внедрение методов шифрования данных в цифровую платформу локальной сети БНТУ), а также разработки образовательной цифровой платформы по кибербезопасности студентов и интегрированных систем управления базами данных БНТУ.

В области инновационных технологий машиностроения БНТУ обладает рядом компетенций: по разработке твердотельных лазеров и лазерных систем с диодной накачкой; по моделированию и расчету характеристик датчика угла наклона навигационного уровня с чувствительными элементами осевой и маятниковой конструкции; по созданию опытного образца мобильного роботизированного кресла-коляски для людей с ограниченными возможностями, использующего алгоритмы автономной нейросетевой навигации в качестве системы управления траекторией верхнего уровня.

Представленные научно-технические разработки БНТУ свидетельствуют о том, что в Республике Беларусь сформирован научный, научно-технический и инновационный потенциал для достижения оптимальной структуры технологического баланса страны и развития высокотехнологичных производств.

**Используемые источники информации:**

1. Glossary: Technology balance of payments (TBP) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Technology\\_balance\\_of\\_payments\\_\(TBP\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Technology_balance_of_payments_(TBP)). — Дата доступа: 02.04.2025.
2. Shamsavari, A. Technology and technology transfer: some basic issues [Electronic resource] / A. Shamsavari, O. Adikibi, Y. Taha. — Kingston University. — Mode of access: <http://eprints.kingston.ac.uk/6629/1/Shamsavari-A-6629.pdf>. — Date of access: 14.11.2011.
3. Давыденко, Е. Л. Технологический баланс как индикатор инновационного развития национальной экономики / Е. Л. Давыденко // Банкаўскі веснік. — 2009. — № 9 (446). — С. 21–25.
4. Research and development (R&D) services [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU\\_international\\_trade\\_in\\_other\\_business\\_services#Research\\_and\\_development\\_.28R.26D.29\\_services](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_international_trade_in_other_business_services#Research_and_development_.28R.26D.29_services). — Дата доступа: 02.04.2025.
5. International trade in services (since 2010) (BPM6) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/bop\\_its6\\_det\\_\\_custom\\_16126064/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/bop_its6_det__custom_16126064/default/table?lang=en). — Дата доступа: 02.04.2025.
6. EU international trade in other business services. Research and development (R&D) services [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU\\_international\\_trade\\_in\\_other\\_business\\_services#Research\\_and\\_development\\_.28R.26D.29\\_services](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_international_trade_in_other_business_services#Research_and_development_.28R.26D.29_services). — Дата доступа: 05.04.2025.
7. Charges for the use of intellectual property, receipts (BoP, current US\$) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.ROYL.CD?view=chart>. — Дата доступа: 06.04.2025.
8. Charges for the use of intellectual property, payments (BoP, current US\$) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/BM.GSR.ROYL.CD?locations=S4>. — Дата доступа: 06.04.2025.
9. High-technology exports (current US\$) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.TOTL.CD?locations=XD>. — Дата доступа: 06.04.2025.
10. GDP (current US\$) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTR.CD>. — Дата доступа: 06.04.2025.

УДК 338.24

## АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЕКТОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ

### ANALYSIS OF THE ECONOMIC POTENTIAL OF MINING PROJECTS IN THE CASE OF CLAY RAW MATERIALS

**И. В. Устинович,**

доцент кафедры «Бизнес-администрирование» Белорусского национального технического университета,  
канд. экон. наук, доцент,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Е. А. Витушко,**

аспирант кафедры «Бизнес-администрирование» Белорусского национального технического университета,  
г. Минск, Республика Беларусь

**I. Ustinovich,**

Associate Professor of the Department “Business Administration” of the Belarusian National Technical University,  
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
Minsk, Republic of Belarus

**E. Vitushko,**

Postgraduate Student of the Department “Business Administration” of the Belarusian National Technical University,  
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 01.04.2025.

Целью данного исследования является структурирование теоретических основ формирования и управления экономическим потенциалом горнодобывающих предприятий. Предметом изучения выступают комплексные связи и взаимодействия, складывающиеся в ходе управления экономическим потенциалом. Изучение экономического потенциала горнодобывающей промышленности позволит выявить целый ряд ключевых направлений, необходимых для принятия решений в области государственной политики, инвестирования и развития отрасли и даст возможность предложить количественные и качественные показатели его оценки.

The purpose of this study is to structure the theoretical foundations of the formation and management of the economic potential of mining enterprises. The subject of study is the complex connections and interactions formed in the course of managing economic potential. The study of the economic potential of the mining industry will identify a number of key areas necessary for decision-making in the field of public policy, investment and development of the industry and will provide an opportunity to propose quantitative and qualitative indicators for its assessment.

**Ключевые слова:** горнодобывающая промышленность, экономический потенциал, факторы, принципы оценки.

**Keywords:** mining industry, economic potential, factors, assessment principles.

*Введение.* Горнодобывающая промышленность играет значительную роль в экономике многих стран мира. Отрасль затрагивает интересы государства, инвесторов, подрядчиков и поставщиков, сервисных компаний, населения, исследовательских организаций и потребителей. Согласно данным официальной статистики [1], объем производства горнодобывающей промышленности в Республике Беларусь за 2023 г. составил 104,3 % к уровню 2022 г. Доля добывающей промышленности в объеме промышленного производства составляет 1,2 %. С 2017 по 2023 г. наблюдается снижение импорта минерального сырья с 6,90 млн до 1,15 млн т.

*Основная часть.* Исследования, касающиеся экономических аспектов анализа потенциала отдельных видов минерально-сырьевых ресурсов, проводились такими учеными, как Т. С. Корзун, Л. О. Жигальская, А. Н. Шавель и В. М. Цилибина. Эти специалисты внесли значительный вклад в изучение определенных ресурсов, акцентируя внимание на их экономической ценности и возможностях использования.

Динамика основных экономических параметров, характеризующих добывающую промышленность, представлена в табл. 1.

На основе данных, представленных в табл. 1, можно заключить, что в анализируемый период развитие горнодобывающей отрасли демонстрирует положительную тенденцию.

Наблюдается относительно стабильное количество организаций в горнодобывающей промышленности, с небольшими колебаниями. Количество варьируется от 39 до 42 ед. в год. Это говорит о том, что новых компаний на рынке не появляется, а существующие в основном сохраняют свою деятельность. Размещение всех предприятий обусловлено близостью к сырьевым ресурсам. Низкое среднеквадратическое отклонение (1,52) подтверждает стабильность.

Наибольшие колебания фиксируются по показателю «Объем промышленного производства» (рис. 1). Объем промышленного производства демонстрирует значительный рост за период 2019–2023 гг. (с 1491,80 млн до 2335,30 млн руб.). Это свидетельствует о развитии горнодобывающей отрасли и увеличении объемов добычи и переработки полезных ископаемых.

Удельный вес горнодобывающей отрасли в общем объеме промышленного производства остается практически неизменным и небольшим (от 1,1 до 1,3 %). Это означает, что, несмотря на рост объемов производства в самой отрасли, ее доля в общем объеме промышленности страны не претерпела существенных изменений. Среднеквадратическое отклонение (0,08) подтверждает постоянство данного показателя.

Среднесписочная численность работников также демонстрирует относительную устойчивость, колеблясь в пределах 10,2–10,6 тыс. человек. Незначительное снижение в последние годы (до 10,2 тыс. чел. в 2023 г.) указывает на повышение производительности труда и частичную автоматизацию процессов.

Таблица 1

Динамика основных показателей, характеризующих горнодобывающую промышленность Республики Беларусь за 2019–2023 гг.

|   | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | 2023 г. | Среднее значение показателя | Медиана | Минимальное значение | Максимальное значение | Среднеквадратическое отклонение | Асимметрия | Экцесс |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------------------|---------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------|--------|
| Количество организаций, ед.   | 42,0    | 40,0    | 39,0    | 42,0    | 39,0    | 40,4                        | 40,4    | 39,0                 | 42,0                  | 1,52                            | 0,32       | -3,08  |
| Объем промышленного производства, млн руб.  | 1491,80 | 1357,60 | 1864,80 | 2231,10 | 2335,30 | 1856,12                     | 1864,80 | 1357,60              | 2335,30               | 433,46                          | -0,05      | -2,62  |
| Удельный вес вида экономической деятельности в общем объеме промышленного производства, % | 1,3     | 1,1     | 1,2     | 1,3     | 1,2     | 1,22                        | 1,3     | 1,1                  | 1,3                   | 0,08                            | -0,51      | -0,61  |
| Среднесписочная численность работников, тыс. чел.   | 10,6    | 10,4    | 10,4    | 10,3    | 10,2    | 10,38                       | 10,4    | 10,2                 | 10,6                  | 0,15                            | 0,55       | 0,87   |
| Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников, руб.                  | 1854,8  | 2065,5  | 2490,6  | 2999,1  | 3638,9  | 2609,78                     | 2490,6  | 1854,8               | 3638,9                | 723,03                          | 0,61       | -0,88  |

Источник: авторская разработка на основе официальной статистики.

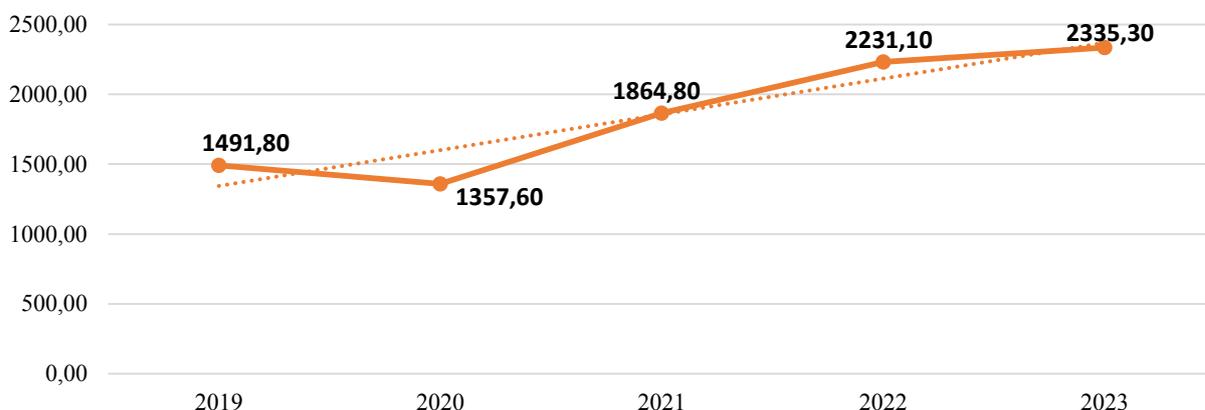


Рис. 1. Объем промышленного производства горнодобывающей промышленности Республики Беларусь в 2019–2023 гг., млн руб.

Источник: авторская разработка на основе официальной статистики.

Номинальная заработная плата работников горнодобывающей отрасли показывает значительный рост за 2019–2023 гг. (с 1854,8 до 3638,9 руб.). Она всегда была больше, чем в целом по промышленности, что связано с тяжелыми и опасными условиями труда, высокой квалификацией работников и высокой производительностью труда.

В период с 2019 по 2023 г. горнодобывающая отрасль показала устойчивый рост и поступательное развитие.

Важным условием для развития горнодобывающей отрасли является наличие экономического потенциала. В свою очередь, экономический потенциал представляет собой сложную экономическую категорию. Термин «потенциал» происходит от латинского слова *potentia* — «сила, мощь, возможность». В Большой советской энциклопедии приводится толкование термина «потенциал» как «...средства, запасы, источники, имеющиеся в наличии и могущие быть мобилизованы, приведены в действие, использованы для достижения определенных целей, осуществления плана; решения какой-либо задачи; возможности отдельного лица, общества, государства в определенной области» [2].

В Современном экономическом словаре экономический потенциал понимается как совокупная способность экономики страны, ее отраслей, предприятий, хозяйств осуществлять производственно-экономическую деятельность, выпускать продукцию, товары, услуги, удовлетворять запросы населения, общественные потребности, обеспечивать развитие производства и потребления [3].

О. С. Виханский определяет экономический потенциал предприятия как состав ресурсов — труда, материальных ресурсов, финансов и др., доступных организации для производства запланированных работ и услуг [4].

П. Ф. Друкер характеризует экономический потенциал организации посредством сочетания ресурсов, как за счет существующих, так и выявленных резервов [5].

А. Т. Зуб понимает экономический потенциал организации как оптимальное использование всех ресурсов организации в целях получения максимальной прибыли [6].

Ф. Котлер считает, что экономический потенциал — это совокупная способность организации производить продукцию, удовлетворять потребности населения, удовлетворять общественные потребности и обеспечивать развитие производства и потребления [7].

Экономический потенциал предлагается интерпретировать как совокупность ресурсов и возможностей, которые экономический субъект способен использовать для достижения своих целей и увеличения эффективности своей работы.

В экономике существует разнообразие видов и определений потенциалов (ресурсный, производственный, управленческий, маркетинговый, экономический, рыночный и др.). Важно, чтобы потенциал был связан с конкретным элементом экономической системы, — это позволяет его изучение на уровне предприятия, региона, отрасли или государства. Следует отметить, что экономический

потенциал включает в себя две составляющие (ресурсную и результирующую). Ресурсная составляющая — совокупность ресурсов, находящихся в распоряжении субъекта и лежащих в основе его развития. Основными критериями оценки выступают размер и объем ресурсов. Результирующая составляющая — способность субъекта к эффективному использованию имеющихся у него ресурсов. Данная способность определяется как результат производства, находящий свое выражение в показателях объема выпуска продукции, прибыли, эффективности использования ресурсов.

Оценка потенциала горнодобывающей промышленности основывается на комплексном анализе ресурсной базы, технологических возможностей и экономической целесообразности.

Первостепенное значение имеет изучение геологических данных, включая определение запасов полезных ископаемых, их качества, а также оценка инфраструктуры. Эффективное использование ресурсов напрямую зависит от уровня развития технологий, применяемых при добыче и переработке сырья. Экономическая оценка требует калькуляции издержек, прогнозирования рыночной динамики и расчета прибыльности проектов. Важно учитывать экологические и социальные факторы, стремясь к снижению негативного воздействия на окружающую среду и принимая во внимание интересы местного населения. Учет всех этих аспектов позволяет получить целостное представление о возможностях горнодобывающей отрасли и выделить перспективные векторы ее развития.

Оценка потенциала компаний горнодобывающего сектора основывается на следующих принципах:

1. Принцип геологической достоверности — оценка должна опираться на проверенные и полные геологические сведения о месторождении, включая запасы, качество и геологические условия.
2. Принцип технической реализуемости — предполагает демонстрацию наличия эффективных и безопасных методов извлечения и переработки минерального сырья.
3. Принцип экономической эффективности — оценка должна подтверждать прибыльность разработки месторождения и обеспечивать возврат инвестиций в приемлемые сроки.
4. Принцип экологической и социальной приемлемости — разработка должна быть экологически безопасной, сводить к минимуму негативное воздействие на окружающую среду, учитывать интересы местного населения и способствовать развитию региона.

Потенциал горнодобывающей промышленности определяется рядом факторов, которые могут варьироваться в зависимости от страны, наличия полезных ископаемых, технологий добычи и состояния мировых рынков (табл. 2).

Таблица 2

**Факторы, воздействующие на экономический потенциал горнодобывающей промышленности**

| Наименование                    | Роль факторов   |
|---------------------------------|---|
| Геологические факторы           | определяют ресурсную базу   |
| Технологические факторы         | определяют возможность извлечения и переработки полезного ископаемого   |
| Экономические факторы           | определяют прибыльность горнопроектных работ  |
| Эколого-социологические факторы | определяют допустимость разработки месторождения полезного ископаемого с точки зрения воздействия на окружающую среду и местное население |

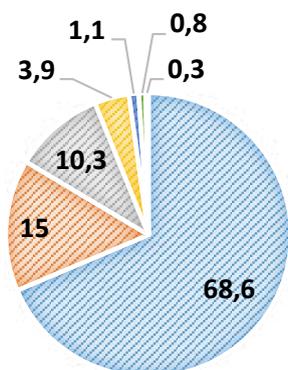
Источник: авторская разработка.

Горнодобывающая промышленность имеет значительный экономический потенциал. Устойчивое управление ресурсами и внедрение инновационных подходов могут способствовать минимизации негативных последствий и максимизации экономических выгод.

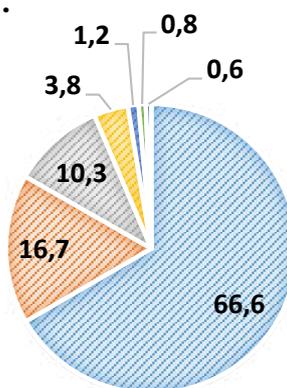
Структура горнодобывающей отрасли Беларуси на региональном уровне (рис. 2) показывает четкую концентрацию разрабатываемых месторождений основных минеральных ресурсов, сосредоточенных в Гомельской области (в границах Припятского прогиба).

В 2023 г. на Гомельскую область приходилось подавляющее большинство (66,6 %) объемов производства горнодобывающей промышленности. Это преимущество обеспечивается прежде всего добычей

2022 Г.



2023 Г.



- Гомельская область
- Брестская область
- Минская область
- Витебская область
- Гродненская область
- Могилевская область
- г. Минск

Рис. 2. Доля регионов Республики Беларусь и г. Минска в объеме промышленного производства по виду экономической деятельности «Горнодобывающая промышленность» за 2022 и 2023 гг., %

Источник: авторская разработка на основе официальной статистики.

нефти. Однако наблюдается тенденция к сокращению объемов нефтедобычи, которая влечет ежегодное снижение доли Гомельской области в общем объеме горнодобывающей отрасли Республики Беларусь.

На Брестскую область приходится 16,7 % общего объема промышленного производства в данной сфере. Здесь расположены крупные карьеры по добыче гранита, используемого в дорожном строительстве и облицовке зданий, а также заводы по производству строительных блоков и других изделий из камня. Кроме того, широко развита добыча торфа, который применяется как топливо, а также как компонент в производстве удобрений и строительных смесей. За Брестской областью следует Минская, удельный вес которой составляет 10,3 % от общего объема. Аналогично Брестской области специализация Минской области также связана с добычей торфа и строительных материалов, хотя видовой состав добываемых ресурсов несколько отличается. Здесь преобладает добыча песчано-гравийных смесей, используемых в производстве бетона и асфальта, а также мергельно-меловых пород, применяемых в качестве наполнителя в цементной промышленности и в производстве строительных материалов. Остальные области имеют малую долю в общем объеме промышленного производства, и их основная деятельность связана с добычей строительного сырья.

Оценивать экономический потенциал предлагается при помощи балльной шкалы (табл. 3). Каждому фактору присваивается определенный вес, а затем каждому месторождению присваивается оценка по каждому фактору. Итоговая оценка определяется суммированием оценок по всем факторам с учетом их весов.

Таблица 3

**Балльная оценка уровня экономического потенциала**

| Фактор                          | Вес (%) | Шкала оценки (баллы)                             |
|---------------------------------|---------|--|
| Запасы и ресурсы                | 30      | 1 (малые) — 2 (большие)                          |
| Содержание полезного компонента | 25      | 1 (низкое) — 2 (высокое)                         |
| Горно-геологические условия     | 15      | 1 (сложное) — 2 (простое)                        |
| Конъюнктурная цена              | 10      | 1 (низкие) — 2 (высокие)                         |
| Инфраструктура                  | 10      | 1 (отсутствует) — 2 (развита)                    |
| Экологические факторы           | 10      | 1 (высокое воздействие) — 2 (низкое воздействие) |

Источник: авторская разработка.

Итоговый балл =  $\Sigma$  (Вес фактора  $\times$  Оценку фактора).

На основании итогового балла месторождение может быть отнесено к одной из категорий:

1. Высокий экономический потенциал: разработка целесообразна и прибыльна.
2. Средний экономический потенциал: разработка возможна при благоприятных условиях (например, при росте цен на полезное ископаемое).
3. Низкий экономический потенциал: разработка экономически нецелесообразна.

Рассмотрим пример оценки экономического потенциала двух месторождений тугоплавких глин (месторождения Городное и Столинские Хутора) с использованием предложенной балльной шкалы (табл. 4 и 5).

Таблица 4

**Балльная оценка уровня экономического потенциала месторождения тугоплавких глин  
Городное**

| Фактор                          | Вес (%) | Оценка (баллы) | Комментарии  |
|---------------------------------|---------|----------------|--|
| Запасы и ресурсы                | 30      | 2              | Запасы промышленных категорий 7150,1 тыс. т  |
| Содержание полезного компонента | 25      | 2              | Глина имеет относительно высокое содержание железа, что может влиять на цвет готовых изделий |
| Горно-геологические условия     | 15      | 2              | Залегают на глубине от 0,4 до 4,9 м  |
| Конъюнктурная цена              | 10      | 2              | Умеренные, но стабильные цены в регионе  |
| Инфраструктура                  | 10      | 2              | Ближайшая железнодорожная станция Горынь находится в 30 км восточнее месторождения           |
| Экологические факторы           | 10      | 2              | Требуется рекультивация карьера после выработки, небольшое воздействие на ландшафт           |

Источник: авторская разработка на основе данных ГП «ГЕОСЕРВИС».

Итоговый балл (месторождение Городное) =  $(30 \% \times 2) + (25 \% \times 2) + (15 \% \times 2) + (10 \% \times 2) + (10 \% \times 2) + (10 \% \times 2) = 0,6 + 0,5 + 0,3 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 2$ .

Таблица 5

**Балльная оценка уровня экономического потенциала месторождения тугоплавких глин  
Столинские Хутора**

| Фактор                          | Вес (%) | Оценка (баллы) | Комментарии  |
|---------------------------------|---------|----------------|--|
| Запасы и ресурсы                | 30      | 1              | Запасы промышленных категорий 1625,9 тыс. т  |
| Содержание полезного компонента | 25      | 2              | Глина имеет относительно высокое содержание железа, что может влиять на цвет готовых изделий |
| Горно-геологические условия     | 15      | 1              | Залегают на глубине от 4,1 до 6,8 м  |
| Конъюнктурная цена              | 10      | 2              | Умеренные, но стабильные цены в регионе  |
| Инфраструктура                  | 10      | 2              | Ближайшая железнодорожная станция Видибор находится в 3 км южнее месторождения               |
| Экологические факторы           | 10      | 2              | Требуется рекультивация карьера после выработки, не большое воздействие на ландшафт          |

Источник: авторская разработка на основе данных ГП «ГЕОСЕРВИС».

Итоговый балл (месторождение Столинские Хутора) =  $(30 \% \times 1) + (25 \% \times 2) + (15 \% \times 1) + (10 \% \times 2) + (10 \% \times 2) + (10 \% \times 2) = 0,3 + 0,5 + 0,15 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 1,55$ .

Месторождение Городное (2 балла) имеет высокий экономический потенциал. Высокое качество глины, огромные запасы и благоприятные горно-геологические условия делают его привлекательным для разработки.

Месторождение Столинские хутора (1,55 балла) имеет средний экономический потенциал. Требуется учет затрат на горно-геологические условия залегания сырья.

*Выводы.* Проведена оценка вида экономической деятельности «Горнодобывающая промышленность», в том числе проанализирована динамика основных показателей данной отрасли за несколько лет. Обосновано, что потенциал является важным элементом любой социально-экономической системы, в том числе горнодобывающих организаций. Показано, что экономический потенциал является комплексной характеристикой функционирования и развития горнодобывающих организаций. Предлагается оценку потенциала компаний горнодобывающего сектора проводить на основе следующих принципов: принцип геологической достоверности, принцип технической реализуемости, принцип экономической эффективности, принцип экологической и социальной приемлемости.

Выявлено, что структура горнодобывающей отрасли Беларуси на региональном уровне показывает четкую концентрацию разрабатываемых месторождений основных минеральных ресурсов, сосредоточенных в Гомельской области. В этом регионе на добывающую промышленность в 2023 г. приходилось 4,1 % от всего объема производства, а в Республике Беларусь — 1,2 %. Это определяется тем, что только на территории Гомельской области ведутся работы по добыче нефти и попутного нефтяного газа. С учетом специализации региона необходимо развивать геологоразведочные работы.

Представлена система балльной оценки, предназначенная для определения экономического потенциала различных месторождений. Данная шкала позволила проанализировать месторождения глинистого сырья по степени экономической целесообразности их разработки.

#### Используемые источники информации:

1. Промышленность Республики Беларусь, 2024 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/323/059k9tgnp1jwt7vo0rwc12je5h41uajs.pdf>. — Дата доступа: 25.01.2025.
2. Большая советская энциклопедия: в 30 т., 1970 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://bse.uaio.ru/BSE/2903.htm#p3874> — Дата доступа: 02.03.2025.
3. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2006. — 495 с.
4. Виханский, О. С. Менеджмент / О. С. Виханский. — М.: Инфра-М, Магистр, 2016. — 656 с.
5. Друкер, П. Ф. Классические работы по менеджменту / П. Ф. Друкер. — М.: Альпина Паблишер, 2017. — 218 с.
6. Зуб, А. Т. Стратегический менеджмент: Учеб. для бакалавров / А. Т. Зуб. — М.: Юрайт, 2016. — 375 с.
7. Котлер, Ф. Стратегический менеджмент по Котлеру: Лучшие приемы и методы / Ф. Котлер, Р. Бергер, Н. Бикхофф. — М.: Альпина Диджитал, 2017. — 143 с.

УДК 628.4.038:338.314

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПОЛИРОВКИ ХРУСТАЛЯ

### ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF PROCESSING GYPSUM-CONTAINING WASTE FROM CRYSTAL POLISHING

**А. Н. Хотько,**

директор филиала УО «БГТУ» «Белорусский государственный колледж промышленности строительных материалов»,  
г. Минск, Республика Беларусь

**A. Khotko,**

Director of the Branch of EE "BSTU" "Belarusian State College of Building Materials Industry",  
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 30.04.2025.

В данной работе проводится анализ эколого-экономической эффективности переработки гипсосодержащих отходов, образующихся при полировке хрусталя. Рассчитаны основные показатели, такие как снижение экологических платежей, срок окупаемости, чистый дисконтированный доход и индекс доходности после внедрения природоохранных мероприятий. Показано, что рециклинг гипсосодержащих отходов производства хрустальных изделий позволяет уменьшить их накопление на 10 000 т в год, снизить экологический налог на 49 099 руб./год. Расчеты подтверждают высокую экономическую и экологическую целесообразность предложенных мер, использование отходов в производстве портландцемента.

In this work, an analysis is conducted of the environmental-economic efficiency of processing gypsum-containing waste generated during crystal polishing. The main indicators have been calculated, such as: reduction of environmental payments, payback period, net discounted income, and profitability index after implementing environmental protection measures. It is shown that recycling of gypsum-containing waste from crystal production allows to reduce its accumulation by 10,000 tons per year, reduce the environmental tax by 49,099 rubles/year. The calculations confirm the high economic and ecological feasibility of the proposed measures, the use of waste in the production of Portland cement.

**Ключевые слова:** отходы, гипс, экономическая эффективность, чистый дисконтированный доход, индекс доходности, срок окупаемости капитальных вложений.

**Keywords:** waste, gypsum, economic efficiency, net present value, profitability index, payback period of capital investments.

*Введение.* Гипсосодержащие отходы, образующиеся при изготовлении фосфорных удобрений, плавиковой и лимонной кислот, а также в стекольной промышленности, приводят к созданию серьезных экологических проблем, решение которых требует существенных экономических затрат. Данные отходы содержат полезные химические соединения: сульфаты кальция, редкоземельные металлы, железо, титан, магний, алюминий, марганец и тяжелые металлы (медь, свинец и др.) [1–3]. Однако зачастую эти отходы просто складировются, что не только загрязняет окружающую среду, но и приводит к безвозвратной потере ценных ресурсов.

Открытое складирование гипсосодержащих отходов является классическим методом их захоронения. Это влечет за собой значительные экономические издержки. Образующиеся отходы накапливаются на значительных площадях, прилегающих к промышленным и жилым зонам, охраняемым природными объектами. Транспортировка и содержание этих отходов сопряжено с существенными капиталовложениями и текущими расходами. Известно, что около 10 % от общей стоимости производства фосфорной кислоты составляют затраты на транспортировку и содержание хранилищ гипсосодержащих отходов [4]. В указанные издержки входят не только перевозка сырья, но и регулярное техническое обслуживание мест складирования, что существенно снижает экономическую целесообразность

существующей системы их захоронения. Текущая скорость накопления фосфогипса оценивается в 200 млн т в год. В России на предприятиях по производству аммиачно-фосфорного сырья уже накоплено более 500 млн т фосфогипса [5, 6]. Это создает не только экологические, но и экономические вызовы. Содержание и обслуживание таких отвалов требует регулярных финансовых вложений. Необходимо также отметить, что выделение земель под места захоронения отходов приводит к потере потенциально полезных площадей, которые могли бы быть использованы для других целей (для сельского хозяйства, строительства и др.).

Вымывание гипса атмосферными осадками вызывает загрязнение грунтовых и поверхностных вод, почвы и растительного покрова. Это может привести к проведению дорогостоящих мероприятий по очистке воды и восстановлению почв. Пыление и выветривание пыли отходов влечет за собой загрязнение атмосферы, что может негативно сказаться на здоровье населения и привести к увеличению затрат на здравоохранение.

Изменение уровня грунтовых вод, вызванное гидродинамическим воздействием отвалов, может привести к негативным явлениям в селитебной зоне (отчуждение и загрязнение земельных участков). Это, в свою очередь, может привести к экономическим потерям для местных сообществ и предприятий.

Решение проблемы утилизации техногенного гипса остается актуальной задачей по следующим экономическим причинам [7, 8]:

- накопление гипсовых отходов в пределах производственной зоны негативно влияет на санитарно-гигиеническое состояние окружающих территорий, что влечет за собой увеличение расходов на обеспечение надлежащего санитарного контроля и соблюдение мер безопасности;
- транспортировка и захоронение гипсосодержащих отходов сопряжены со значительными финансовыми расходами, достигающими 12 % от общей стоимости перерабатываемого сырья (необходимо отметить, что данные издержки включают не только транспортные услуги, но и мероприятия по содержанию мест хранения отходов);
- организация специализированных полигонов для размещения отходов приводит к выводу из пользования потенциально полезных земельных ресурсов и к постоянным финансовым обязательствам по их обслуживанию.

Цель работы — рассчитать эколого-экономические показатели, характеризующие экономическую эффективность внедрения природоохранных мероприятий (ПОМ) по переработке отходов, образующихся при полировке хрустала.

*Образование гипсосодержащих отходов химической полировки хрустала.* Одной из основных стадий производства свинцового хрустала является стадия химического полирования.

Основное применение химического полирования связано с финишной обработкой декоративных элементов, созданных методом алмазной гравировки на свинцовом хрустале. Для осуществления данного процесса используется раствор на основе двух минеральных кислот — фтороводородной (HF) и серной.

Технологический процесс нейтрализации кислых стоков от химической полировки хрустала включает в себя процесс приготовления известкового молока и подачу его в реактор для нейтрализации, куда закачивается определенный объем отработанных кислот.

Очистка отработанных растворов химической полировки включает следующие этапы: приготовление водной суспензии гидроксида кальция; перекачивание полученной смеси в реактор-нейтрализатор; введение отработанного кислотного раствора в реактор смеситель. В ходе химического взаимодействия кислотных стоков с известковой суспензией происходит образование сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4$ ), фторида кальция ( $\text{CaF}_2$ ) и незначительного количества хлорида кальция ( $\text{CaCl}_2$ ).

Технологический процесс нейтрализации кислых стоков от химической полировки хрустала включает в себя процесс приготовления известкового молока и подачу его в реактор для нейтрализации, куда закачивается определенный объем отработанных кислот.

При непрерывном перемешивании с помощью установленной мешалки происходит реакция нейтрализации кислот с образованием продуктов реакции (сульфаты и фториды кальция, сульфат свинца и др.).

Объем сливаемых растворов из 8 отстойников составляет:  $0,57 \times 8 = 4,56 \text{ м}^3$ . При плотности раствора  $1,83 \text{ т/м}^3$  необходимо дополнительно израсходовать  $4,56 \times 1,83 = 8,34 \text{ т}$  серной кислоты и  $8,34 \text{ т}$  извести.

Процесс нейтрализации в реакторе прекращают при достижении  $\text{pH} = 7,0\text{--}8,0$ . После проверки лаборантом качества нейтрализации продукты реакции с помощью насоса откачиваются на шламо-накопитель.

Процесс приготовления известкового молока производится в следующей последовательности: в реактор для приготовления известкового молока заливается определенное количество воды и подается известь.

При постоянном перемешивании известковое молоко разбавляется до нужной плотности ( $1,040\text{--}1,045 \text{ г/см}^3$ ). Реакция идет с выделением тепла.

После технологического цикла полирования и матирования изделий на станцию нейтрализации поступают разбавленные кислоты и соли их реакций:

- серная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- плавиковая  $\text{HF}$ ;
- вода;
- известь комовая негашеная.

Для приготовления известкового молока используют комовую негашеную известь (ГОСТ 9179-77) не ниже II сорта с активностью не ниже 80 %. Расход извести на нейтрализацию поступивших объемов кислот соответствует суммарному весу кислот в пересчете на 100%-ю концентрацию.

*Физико-химические процессы и продукты от нейтрализации кислых стоков.* В ходе процесса нейтрализации кислых стоков, образующихся при химической полировке хрусталя, образуются гидратированные формы сульфата кальция. Эти соединения могут применяться в качестве добавки, регулирующей скорость схватывания, в производстве портландцемента. Портландцемент представляет собой гидравлическое вяжущее, получаемое при совместном измельчении цементного клинкера, гипса и других добавок. При его изготовлении портландцемента используется двуводный сульфат кальция, содержание которого в составе цемента не превышает 5 % [9]. В 2023 г. Белорусская цементная компания установила новый рекорд по объемам выпуска цемента — предприятия холдинга произвели свыше 5 млн т продукции. Твердые отходы, образующиеся при нейтрализации полировочных растворов, по своему химическому и фазовому составу подходят для использования в качестве сырьевой добавки при изготовлении портландцемента. Ввиду высокой производственной мощности белорусских цементных заводов можно не только утилизировать отходы хрустального производства, но и частично сократить потребление природного гипса. Поскольку в техногенном гипсе присутствуют следовые количества свинца, для минимизации экологического воздействия его рекомендуется смешивать с природным аналогом. Такой подход позволяет добиться снижения концентрации тяжелого металла до безопасных значений в готовой продукции. Однако рассматриваемые гипсовые отходы содержат высокое количество влаги, что требует предварительной сушки. Эффективным решением может стать использование тепла отходящих газов, образующихся при сжигании природного газа в стекловаренных печах. Это позволит утилизировать избыточное тепло и снизить энергозатраты на подготовку сырья [10, 11].

*Результаты и обсуждение.* Использование гипсосодержащих отходов в строительных материалах, таких как замедлители схватывания цемента, представляет собой ключевое направление для крупномасштабного потребления данного типа отходов. Пробу измельченного портландцементного клинкера измельчили, высушили в сушильном шкафу при температуре  $105\text{--}110 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 2 ч и охладили в эксикаторе. Отвесили 50 г цемента с точностью до 0,05 г и испытали на приборе для механического просеивания. Остаток на сите с сеткой № 008 составил 5 %. Добавку из отходов производства подготовили таким же способом.

Для определения влияния добавки на качество портландцемента подготовили четыре пробы:

- 1) содержание добавки 0 %;
- 2) содержание добавки 3 %;
- 3) содержание добавки 4 %;
- 4) содержание добавки 5 %.

Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты проведенных исследований**

| Содержание добавки, % | Нормальная густота цементного теста, % | Сроки схватывания   | Предел прочности при изгибе, МПа (возраст образцов-балочек — 28 суток) | Предел прочности при сжатии, МПа |
|-----------------------|--|---|--|----------------------------------|
| 0                     | 26,25                                  | начало схватывания 7 мин, конец схватывания 10 мин          | 1 — 7,96<br>2 — 7,20   | 1 — 40,31<br>2 — 74,03           |
| 3                     | 24                                     | начало схватывания 2 ч 30 мин, конец схватывания 4 ч 05 мин | 1 — 7,94<br>2 — 7,60   | 1 — 52,34<br>2 — 68,75           |
| 4                     | 23,5                                   | начато схватывания 3 ч 40 мин, конец схватывания 4 ч 55 мин | 1 — 6,95<br>2 — 8,22   | 1 — 54,25<br>2 — 55,50           |
| 5                     | 23,25                                  | начало схватывания 4 ч 10 мин, конец схватывания 5 ч        | 1 — 8,80<br>2 — 8,90   | 1 — 69,66<br>2 — 56,05           |

Источник: разработка автора.

Содержание добавки оказывает большое влияние на сроки схватывания цемента и на нормальную густоту цементного теста. Неравномерность показателей предела прочности при изгибе и при сжатии может быть вызвана неоднородным составом добавки. Наиболее рациональным оказалось содержание добавки в количестве 3 %.

Показатели, характеризующие экологический эффект от внедрения рассмотренных ПОМ, представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Показатели, характеризующие экологический эффект от внедрения рассмотренных ПОМ**

| Выбрасываемые загрязняющие вещества | Выбросы, т/год   |                     |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|
|                                     | до внедрения ПОМ | после внедрения ПОМ |
|                                     | 1 сп.            | 1 сп.               |
| Отходы III класса опасности, т/год  | 328 750          | 318 750             |

Источник: разработка автора.

Наиболее эффективный вариант переработки отходов выбираем с помощью показателя сравнительной экономической эффективности капитальных вложений в ПОМ.

Экологический результат ПОМ выражается в уменьшении количества накапливающихся отходов, подлежащих захоронению. Социальный эффект проявляется в улучшении физиологических, культурных и рекреационных условий жизни человека. Утилизация отходов на предприятии позволит снизить экологический налог за захоронение отходов.

В качестве показателя сравнительной экономической эффективности капитальных вложений используем минимум приведенных затрат на внедрение рассматриваемых ПОМ.

Расчеты величин снижения экологических платежей в результате внедрения ПОМ приведены в табл. 3. Величину снижения экологических платежей в результате внедрения ПОМ рассчитывали по формуле:

$$\Delta H = H_1 - H_2, \tag{1}$$

где  $H_1$  — налог за загрязнение окружающей среды до внедрения ПОМ, руб.;

$H_2$  — налог за загрязнение окружающей среды после внедрения ПОМ, руб.

Налог за захоронение отходов определяется по формуле:

$$H = V_{\text{ф.}} \times N, \quad (2)$$

где  $V_{\text{ф.}}$  — объем захораниваемых отходов, т/год;

$N$  — ставка налога за захоронение в зависимости от класса опасности, руб./т.

Таблица 3

**Расчет экологических платежей**

| Загрязняющее вещество | Установленный годовой лимит, т/год | Фактический объем отходов, т/год |                         | Ставка налога за хранение (2024 г.), руб. | Сумма налога в пределах лимита, руб. |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|
|                       |                                    | всего                            | в том числе сверхлимита |   |                                      |
| До внедрения ПОМ      |                                    |                                  |                         |   |                                      |
| Отходы IV класса      | 300 000                            | 328 750                          | –                       | 4,91                                      | 1 614 162                            |
| После внедрения ПОМ   |                                    |                                  |                         |   |                                      |
| Отходы IV класса      | 300 000                            | 318 750                          | –                       | 4,91                                      | 1 565 062                            |

Источник: разработка автора.

Данное ПОМ позволит сократить количество хранимых отходов на полигоне. Экологический налог за захоронение отходов до внедрения ПОМ составит:

$$\Delta H_{1 \text{ до ПОМ}} = 328\,750 \times 4,91 = 1\,614\,162 \text{ руб.} \quad (3)$$

Экологический налог после внедрения ПОМ:

$$H_{2 \text{ после ПОМ}} = 318\,750 \times 4,91 = 1\,565\,062 \text{ руб./год.} \quad (4)$$

Тогда экономия от снижения налогов за загрязнение окружающей среды до и после внедрения ПОМ, выплачиваемых предприятием, составит:

$$\begin{aligned} \Delta \text{ЭП} &= H_1 - H_2; \\ \Delta \text{ЭП} &= 1\,614\,162 - 1\,565\,062 = 49\,099 \text{ руб./год.} \end{aligned} \quad (5)$$

Уменьшение экологического налога составит 49 099 руб./год. Доход от реализации продукта при стоимости 1 т гипса 10 руб. составит:

$$10\,000 \text{ т} \times 10 \text{ руб./т} = 100\,000 \text{ руб.} \quad (6)$$

Экономический результат  $P$ , руб./год, от внедрения природоохранного мероприятия по снижению экологических платежей за загрязнение окружающей среды вычисляется по формуле:

$$P = (H_1 - H_2) - Z + D, \quad (7)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — сумма налогов за загрязнение окружающей среды, выплачиваемых предприятием за год, соответственно до и после внедрения ПОМ, руб./год;

$Z$  — сумма текущих эксплуатационных затрат на годовой объем работ, руб./год;

$D$  — доход от реализации ПОМ, руб./год.

Экономический результат Р составит:  $P = 49\,099 - 56\,220 + 100\,000 = 92\,879$  руб./год.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность  $\Theta_k$ , руб./руб., внедрения ПОМ может быть определена по формуле:

$$\Theta_k = P/K, \quad (8)$$

где Р — годовой совокупный эффект от внедрения ПОМ, руб.;

К — общая сумма капитальных вложений на внедрение ПОМ, руб.

Показатель общей экономической эффективности капитальных вложений в предложенное природоохранное мероприятие по снижению экологических платежей для предприятия составит:  $\Theta_k = 92\,879 / 273\,950 = 0,339$  руб./руб.

Простой срок окупаемости капитальных вложений  $T_{п}$  лет, применяется для предварительной оценки мероприятий на стадии составления технико-экономического обоснования реализации мероприятия:

$$T_{п} = K/P, \quad (9)$$

где К — капитальные вложения в реализацию данного мероприятия, руб.;

Р — годовая экономия ресурсов, получаемая от реализации данного мероприятия, руб./год.

$$T_{п} = 273\,950 / 92\,879 = 2,94 \text{ года.}$$

В результате произведенного расчета получили, что эффективность природоохранного мероприятия составляет 0,339 руб./руб. и срок окупаемости равен 2,94 года.

В качестве основных показателей, которые характеризуют эффективность внедряемого мероприятия, применяются:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности;
- срок окупаемости капитальных вложений.

Рассчитаем показатели экономической эффективности природоохранных мероприятий с учетом фактора времени. Настоящая стоимость определяется по формуле:

$$НС = BC (1+E)^{-T}, \quad (10)$$

где BC — будущая стоимость;

Е — ставка дисконтирования;

Т — период, в который осуществляются инвестиции и эксплуатируется оборудование.

Расчет ЧДД проводится при нормативной ставке дисконтирования  $E_1 = 0,12$  и при  $E_2 = 0,20$  и сведен в табл. 4.

Таблица 4

Расчет ЧДД, руб.

| Год | Капитальные вложения, руб. | Экономия руб. | Настоящая стоимость, руб. |            | ЧДД, руб.    |              |
|-----|----------------------------|---------------|---------------------------|------------|--------------|--------------|
|     |                            |               | Е = 0,12                  | Е = 0,20   | Е = 0,12     | Е = 0,20     |
| 0   | 273 950,0                  | –             | –                         |            | –273 950,000 | –273 950,000 |
| 1   | –                          | 92 879,0      | 82 940,947                | 77 368,207 | –191 009,053 | –196 581,793 |
| 2   | –                          | 92 879,0      | 74 024,563                | 64 458,026 | –116 984,490 | –132 123,767 |

| Год          | Капитальные вложения,<br>руб. | Экономия<br>руб. | Настоящая стоимость, руб. |                    | ЧДД, руб.   |             |
|--------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------|-------------|-------------|
|              |                               |                  | Е = 0,12                  | Е = 0,20           | Е = 0,12    | Е = 0,20    |
| 3            | –                             | 92 879,0         | 66 129,848                | 53 776,941         | –50 854,642 | –78 346,826 |
| 4            | –                             | 92 879,0         | 59 071,044                | 44 767,678         | 8216,402    | –33 579,148 |
| 5            | –                             | 92 879,0         | 52 662,393                | 37 337,358         | 60 878,795  | 37 58,210   |
| 6            | –                             | 92 879,0         | 47 089,653                | 31 114,465         | 107 968,448 | 34 872,675  |
| 7            | –                             | 92 879,0         | 41 981,308                | 25 913,241         | 149 949,756 | 60 785,916  |
| 8            | –                             | 92 879,0         | 37 523,116                | 21 640,807         | 187 472,872 | 82 426,723  |
| 9            | –                             | 92 879,0         | 33 529,319                | 18 018,526         | 221 002,191 | 100 445,249 |
| 10           | –                             | 92 879,0         | 29 907,038                | 15 232,156         | 250 909,229 | 115 677,405 |
| <b>Итого</b> | <b>273 950,00</b>             | <b>928 790,0</b> | <b>524 859,229</b>        | <b>389 627,405</b> | –           | –           |

Источник: разработка автора.

Расчет величины внутренней нормы доходности осуществляется графическим методом (рис. 1).

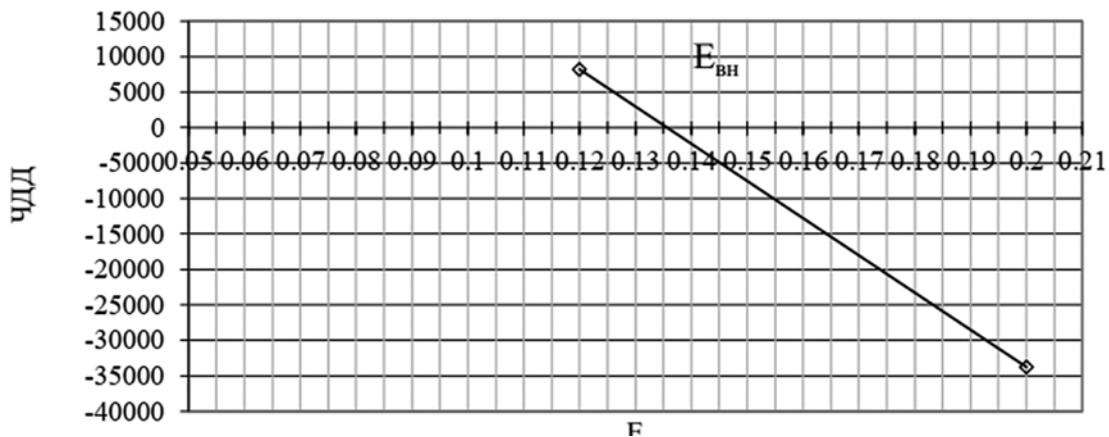


Рис. 1. Графический метод расчета внутренней нормы доходности

Источник: разработка автора.

Внутренняя норма доходности определяется в точке пересечения графика ЧДД с осью абсцисс. Из графика видно, что внутренняя норма доходности равна 0,135, а это больше нормативной ставки дисконта (0,135 > 0,12). Это свидетельствует о том, что данное ПОМ экономически эффективно.

Как указывалось выше, индекс прибыльности ( $I_{п}$ ) определяется как отношение разности дохода и затрат при реализации мероприятия к величине капитальных вложений. Мероприятие считается экономически эффективным, если  $I_{п} > 1$ . Индекс прибыльности данного мероприятия составил:

$$I_{п} = 524\,859,229 / 273\,950 = 1,95, I_{п} > 1. \tag{11}$$

Проведенные расчеты показали положительные значения ЧДД, индекса доходности и индекса прибыльности, что подтверждает экономическую целесообразность инвестирования в разработку и внедрение предложенного программного обеспечения. Динамический срок окупаемости ( $T_d$ ) отражает период, необходимый для полного возмещения капитальных вложений за счет доходов, генерируемых проектом. Этот показатель также называют сроком возврата инвестиций, поскольку он позволяет оценить, когда заемные средства (например, кредит) могут быть полностью погашены.

Для наглядного определения  $T_d$  был применен графический метод. На основе финансового профиля проекта построена зависимость накопленного ЧДД от времени (рис. 2), что позволяет визуально оценить момент достижения точки безубыточности.

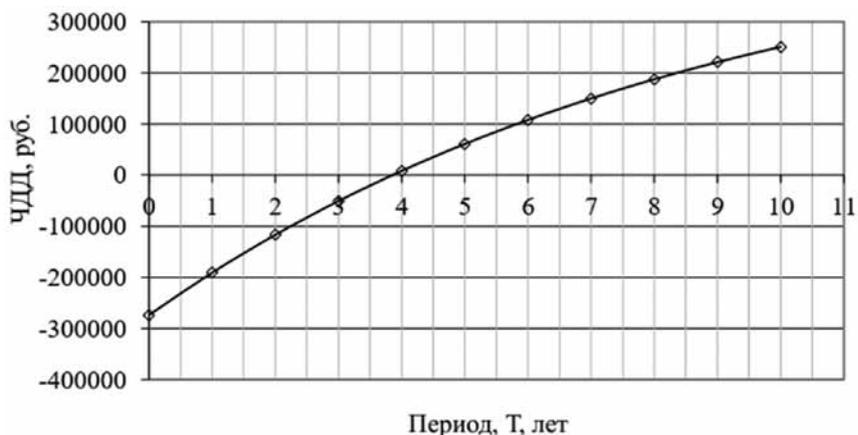


Рис. 2. График зависимости, накопленной ЧДД от времени с начала реализованного проекта

Источник: разработка автора.

Из рис. 2 видно, что срок окупаемости проекта определяется в точке пересечения графика ЧДД с осью абсцисс. Срок окупаемости равен 3,9 года.

На рис. 3 представлен алгоритм решения задачи.



Рис. 3. Алгоритм решения задачи

Источник: разработка автора.

*Заключение и выводы.* Проведенный анализ эколого-экономических показателей проектируемого ПОМ по переработке гипсосодержащих отходов полировки хрусталя показал высокую эффективность с экологической и с экономической точек зрения. Внедрение ПОМ позволит снизить количество накапливающихся гипсосодержащих отходов на 10 000 т в год. Это может привести к снижению экологического налога на 49 099 руб./год. Кроме того, использование переработанного гипса в качестве добавки при производстве портландцемента не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и создает дополнительный доход для предприятия.

Расчеты показали, что срок окупаемости капитальных вложений составляет 2,94 года, а динамический срок окупаемости — 3,9 года. Показатели чистой приведенной стоимости (ЧДД), индекса прибыльности (1,95) и внутренней нормы доходности (0,135) подтверждают экономическую целесообразность мероприятия.

#### **Используемые источники информации:**

1. Cao, J. X. Impurity configuration in Phosphogypsum and influence of water-soluble phosphorous pentoxide on cement physical property / J. X. Cao, Q. L. Chen, Y. Liu // *Environ. Eng.* — 2001. — Vol. 5. — P. 40–43.
2. Гордиенко, П. С. Перспективы комплексной переработки фторсодержащего сырья и техногенных отходов / П. С. Гордиенко, Г. Ф. Крысенко, В. А. Колзунов, С. Б. Ярусова, С. Б. Буланова, А. П. Супонина, Е. В. Пашнина // *Горный информационно-аналитический бюллетень.* — 2009. — № 4 (12). — 311–319.
3. Локшин, Э. П. О комплексной переработке фосфогипса / Э. П. Локшин, О. А. Тареева, И. Р. Елизарова // *Журнал прикладной химии.* — 2013. — № 86 (4). — 497–502.
4. Phosphogypsum circular economy considerations: A critical review from more than 65 storage sites worldwide / E. Bilal [et al.] // *Journal of Cleaner Production.* — 2023. — Vol. 414.
5. Malik, N. Y. Two-Stage chemical processing of phosphogypsum into ammonium nitrate / N. Y. Malik, M. S. Malovanyi, O. V. Malyk // *Chem. Technol. Subst. Appl.* — 2005. — Vol. 536. — P. 207–211.
6. Manzhina, S. A. Using of large-scale waste phosphogypsum to reduce emissions of SO<sub>2</sub>-containing coal power plant / S. A. Manzhina, V. V. Denisov, I. A. Denisova // *Eng. J. Don.* — 2014. — Vol. 28. — P. 77–87.
7. Phosphogypsum Leadership Innovation Partnership / Hilton J. [et al.] // *IFA NORM Working Group, Paris.* — 2020. — Vol. 144.
8. Шанайда, Е. Способы утилизации техногенных отходов стекольной промышленности / Е. Шанайда, В. Бутько // *Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства.* — 2019. — С. 216–217.
9. Манушина, А. С. Влияние функциональных добавок на свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего / А. С. Манушина, Г. Р. Гильфанова, А. О. Сапронов, М. С. Зырянов, Е. Н. Потапова // *Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики.* — 2017. — С. 390–393.
10. Хотько, А. Н. Эколого-экономические аспекты рециклинга гипсосодержащих отходов химической промышленности / А. Н. Хотько // *Материалы 89-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), г. Минск, 3–18 февраля 2025 г. Белорус. гос. технол. ун-т; отв. за изд. И. В. Войтов.* — Минск: БГТУ, 2025.
11. Хотько, А. Н. Гипсосодержащие отходы химической промышленности: экологические риски и экономические возможности рециклинга / А. Н. Хотько // *Материалы 7-й Международной научно-практической конференции «Тенденции экономического развития в XXI веке» 28 февраля 2025 г.* — Минск: БГТУ, 2025.

УДК 339.1:004.738.5(476:510)

## ОЦЕНКА ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСГРАНИЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ЦИФРОВОЙ БЕЛОРУССКО-КИТАЙСКОЙ ТОРГОВОЙ ПЛОЩАДКИ)

## ASSESSMENT OF OPERATIONAL EFFICIENCY OF CROSS-BORDER E-COMMERCE (ON THE EXAMPLE OF THE DIGITAL BELARUSIAN-CHINESE TRADING PLATFORM)

### Чэнь Хантунчжоу,

аспирант Белорусского государственного университета,  
г. Минск, Республика Беларусь

### Т. Ф. Старовойтова,

доцент кафедры управления информационными ресурсами Академии управления при Президенте Республики Беларусь, канд. экон. наук,  
г. Минск, Республика Беларусь

### Н. Н. Горбачёв,

доцент кафедры информационных технологий и социально-гуманитарных дисциплин Минского филиала Российского экономического университета им Г. В. Плеханова, канд. экон. наук,  
г. Минск, Республика Беларусь

### Chen Hunyunzhou,

Graduate of the Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus

### T. Starovoitova,

Associate Professor of the Department of Management of Information Resources of the Academy of Management under the President of the Republic of Belarus, Candidate of Economic Sciences,  
Minsk, Republic of Belarus

### N. Gorbachev,

Associate Professor of the Department of Information Technologies and Socio-Human Disciplines of the Minsk Branch of G. V. Plekhanov Russian Economic University, Candidate of Economic Sciences,  
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 22.04.2025.

В условиях ускоренной цифровизации и глобальных экономических изменений трансграничная электронная коммерция становится одним из ключевых драйверов международной торговли. Данная статья посвящена оценке операционной эффективности цифровых торговых площадок на примере белорусско-китайской платформы. Исследование включает анализ ключевых показателей эффективности, таких как скорость обработки транзакций, логистическая оптимизация, уровень доверия потребителей и современные технологические решения, направленные на повышение конкурентоспособности. Особое внимание уделяется новым возможностям, которые открываются в связи с введением экономических санкций в отношении Беларуси и Китая.

In the context of accelerated digitalization and global economic upheavals, cross-border e-commerce is becoming one of the key drivers of international trade. This article is devoted to assessing the operational efficiency of digital trading platforms using the example of the Belarusian-Chinese platform. The study includes an analysis of key performance indicators, such as transaction processing speed, logistics optimization, consumer confidence, and modern technological solutions aimed at increasing competitiveness. Particular attention is paid to new opportunities that are opening up due to the introduction of economic sanctions against Belarus and China.

**Ключевые слова:** Беларусь, Китай, трансграничная электронная коммерция, операционная эффективность, цифровая платформа, экономические санкции, логистическая оптимизация.

**Keywords:** Belarus, China, cross-border e-commerce, operational efficiency, digital platform, economic sanctions, logistics optimization.

*Introduction.* In the context of global digitalization and rapid changes in the global economy, cross-border e-commerce occupies a central place in the development of international trade relations. The development of digital technologies transforms traditional business models into dynamic, flexible and efficiency-oriented platforms that can not only optimize processes, but also create new opportunities for interaction between trading partners from different countries.

This study is particularly relevant in light of the economic sanctions imposed on a number of countries, including Belarus and China. Sanction restrictions force businesses to reconsider traditional approaches to foreign trade operations, stimulating the introduction of innovative digital solutions, adaptation of logistics and organizational processes. In this case, a digital trading platform becomes not just a tool for commercial activities, but a strategically important platform that can ensure sustainability and competitiveness in the international market.

Using the example of the Belarusian-Chinese digital trading platform, this study aims to assess operational efficiency in the context of a changing global market situation and sanctions. The main objectives are to identify key success indicators, analyse factors that contribute to the optimization of digital processes, and formulate recommendations to improve the adaptability and efficiency of cross-border trade operations. The proposed approach includes a comprehensive consideration of costs, transaction processing speed, logistics optimization, and the level of consumer trust in digital services.

The research methodology is based on a comprehensive analysis of statistical data, a comparative review of modern business models, and expert assessment, which allows us to identify both the positive aspects of the functioning of digital trading platforms and the potential risks associated with their operating activities in the context of sanctions pressure. The study also considers the impact of technological innovations on the sustainable development of e-commerce and the possibility of their integration into traditional trading schemes.

Object of the research: digital trading platforms operating in the field of cross-border e-commerce, with an emphasis on their operational processes under sanctions pressure.

Subject of the research: mechanisms and methodology for assessing the operational efficiency of digital trading platforms, including analysis of key indicators.

The goal of this study is to develop and test an integrated model for assessing the operational efficiency of cross-border e-commerce platforms, taking into account the impact of economic sanctions. Particular attention is paid to testing the model using the example of the competitive platform qifa.ru to identify key factors that determine the competitiveness and prospects for optimizing digital trade processes in a changing international environment. It can be detailed with the following tasks:

1. Conduct a review of existing approaches and methodologies for assessing operational efficiency in cross-border e-commerce, with an emphasis on the impact of external factors such as economic sanctions.
2. Develop an integrated model for assessing the operational efficiency of digital trading platforms, including key indicators (transaction processing speed, logistics optimization, user trust level, and technological infrastructure).
3. Apply the developed model to assess similar platforms, and formulate recommendations on optimizing operational processes and adapting business models in the context of sanctions pressure based on the data obtained.

The working hypothesis (*H1*) of the study is that an integrated model for assessing operational efficiency allows for an objective identification of critical factors that determine the competitiveness of a digital trading platform. In the context of economic sanctions, the impact of optimizing logistics, technological and organizational processes is particularly significant, which contributes to the adaptation of business models and increased efficiency of export-import platforms.

*Literature review.* In recent years, the development of bilateral relations between the Republic of Belarus and the People's Republic of China has acquired strategic importance both for the formation of a favourable investment climate and for the integration of national economies into global trade processes. In order to analyse the operational efficiency of cross-border e-commerce between the Republic of Belarus and the People's Republic of China, the legal acts governing bilateral cooperation are of particular importance. One of the basic documents is the "Treaty of Friendship and Cooperation between the Republic of Belarus and the People's Republic of China", signed on May 10, 2015. This agreement establishes the fundamental principles of economic and political interaction, promoting the development of bilateral trade, including through electronic channels, and also promotes cooperation in the field of innovation and digitalization of the economy

and the creation of favourable conditions for the implementation of joint projects, including the development of electronic trading platforms.

The next important document is the Agreement between the Government of the Republic of Belarus and the Government of the People's Republic of China on Trade in Services and Investment. On the one hand, this document was published on the National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus on February 22, 2025 under number 3/4165, and on the other hand, there is information about its signing on August 22, 2024. The agreement defines the legal framework for the provision of digital services, regulates investment activities and provides for the protection of electronic transactions and data. Thanks to the measures taken, conditions are created for the development of digital payment systems and optimization of logistics, which together leads to simplification of online trading procedures and a reduction in transaction costs.

The Law of the Republic of Belarus of February 6, 2025 No. 54-Z “On Ratification of the Agreement between the Government of the Republic of Belarus and the Government of the People's Republic of China on Trade in Services and Investments” serves as a legislative confirmation of the obligations assumed under the above-mentioned Agreement. The adoption of this law helps to stabilize the legal environment for digital trade, which is an important factor in strengthening the confidence of investors and market participants, as well as in creating predictable conditions for the further development of cross-border e-commerce.

The key documents also include the Directive of the President of the Republic of Belarus of December 3, 2021 No. 9 “On the Development of Bilateral Relations between the Republic of Belarus and the People's Republic of China”. This directive sets strategic directions for the development of cooperation between Belarus and China, focusing on digitalization and innovative development. Among the tasks set in the directive, the support for the creation and development of digital trading platforms, the modernization of electronic payment systems and the introduction of mechanisms for the digitalization of customs procedures are highlighted, which significantly expands the possibilities of cross-border trade.

Taken together, the presented documents form the legal basis for the liberalization of digital trade, ensuring the protection of transactions and data, as well as for reducing trade barriers by simplifying customs and tax procedures. These regulations create conditions for the optimization of logistics, payment and other operational processes, contributing to the development of effective cross-border e-commerce between the Republic of Belarus and the People's Republic of China.

These initiatives, initiated at the highest state level, reflect modern trends in the development of international cooperation and serve as an important benchmark for academic research in the field of cross-border e-commerce and assessing the operational efficiency of digital platforms.

Today, trading operations in the Republic of Belarus are mainly organized through the Belarusian Universal Exchange, which serves as a centralized platform for conducting standard trading procedures and ensuring market stability. However, independent trading platforms provide operators with the opportunity to work in a more flexible and adaptive mode, responding to the rapidly changing needs of customers. This approach allows integrating modern technologies, minimizing bureaucratic procedures and responding more quickly to market changes. For example, in the Russian market, independent trading platforms occupy a significant share due to the provision of a full range of services — from conducting electronic trades to comprehensive transaction support and analytical support for users. One of the striking examples is the qifa.ru platform, which successfully demonstrates the advantages of flexibility, ease of use and wide functionality for various customer segments. The development of such platforms indicates a trend towards decentralization of trading processes, which opens up new opportunities for optimizing operational processes and increasing competitiveness in the cross-border e-commerce market.

Electronic trading platforms perform a number of key functions, including providing access to trading operations, automating the order execution process, conducting analytics and reporting, integrating with payment systems and logistics, and ensuring the security and protection of market participants' data. These functions allow market participants to quickly find suppliers and buyers, make transactions automatically, and receive detailed information about market trends. The table 1 compares platforms: the qifa.ru, Alibaba.com, Global Sources, and DHgate.com.

Global platforms such as Alibaba.com, Global Sources and DHgate.com offer more extensive analytical and payment solutions, which ensures a high level of automation and scalability in transaction processing.

Each of the market participants considered has its own unique features, but it is important to focus on flexibility and adaptability to the specifics of Belarusian-Chinese trade relations, which allows for a prompt response to local requests.

For an objective assessment of the effectiveness of modern electronic trading platforms, considering both the main operational indicators, as well as the influence of external economic factors, increasingly resort to mathematical modeling. This approach allows you to define heterogeneous data in a single structure, which is a mandatory comparative analysis and identification of weak links in the system. Mathematical modeling ensures the development of an integral indicator — KPI, which reflects the overall level of platform efficiency.

Table 1. Quantitative analysis of main China-oriented B2B trade platforms

| Function                                       | qifa.ru   | Alibaba.com   | Globalsources.com.   | DHgate.com   |
|--|---|---|--|--|
| Access to trading                              | A specialized B2B platform focused on Belarusian-Chinese transactions with an emphasis on flexibility and adaptation to local needs | A global base of suppliers and buyers from all over the world, providing a wide market and product diversity  | Focus on Asian sourcing with direct contact with manufacturers, which improves the quality and transparency of transactions  | An international trading platform focused primarily on small and medium-sized consignments, with an emphasis on fast transaction execution         |
| Order automation                               | Automated matching of orders with offers, which simplifies the process of concluding deals in a flexible trading environment        | Use of complex algorithms for fast execution of trade orders, optimization of pricing and provision of liquidity  | Integration of specialized tools to simplify order placement and their automated execution   | Automation of transaction processing and payment, allowing market participants to conduct transactions quickly and efficiently                     |
| Analytics and reporting                        | Provision of basic analytics on transactions and market statistics, which helps to track the dynamics of trade operations           | A developed system of market research with detailed reports, allowing for deep analysis of trends and volumes of trade operations                           | Demand analysis tools, trend tracking and supply reporting, facilitating informed decision-making by platform participants   | Integrated transaction monitoring and reporting systems that provide operational information for analyzing the effectiveness of trading operations |
| Integration with payment systems and logistics | An interface adapted for Belarusian-Chinese transactions, with the integration of local payment services and logistics partners     | A variety of payment integration options (for example, Alipay) and its own network of logistics solutions, which provides comprehensive transaction support | Cooperation with leading logistics service providers, as well as the possibility of integration with various payment systems to ensure the reliability of transactions | Global integration with international payment and logistics services to ensure transaction security and timely delivery of goods                   |

Source: developed by the authors using official web sites of trade platforms (qifa.ru, alibaba.com, globalsources.com, dhgate.com).

*Methodology.* 1. Formal statement of the problem

Objective: Evaluate the platform efficiency by N key factors grouped into clusters and derive an integral efficiency index (KPI).

- *transaction data* (volumes, frequency, product categories);
- *logistics parameters* (delivery times, cost);
- *reliability indicators* (user ratings, percentage of disputed transactions);
- *external factors* (exchange rates, customs duties).

This formalized approach allows to evaluate the current efficiency of the trading platform and to predict future trends, which is the basis for developing optimization strategies and increasing competitiveness in the context of a dynamically changing e-commerce market.

2. Model structure

2.1. Factor decomposition

Platform efficiency *Eff* is defined as a weighted sum of three superclusters:

$$Eff = \alpha \cdot Economic + \beta \cdot Technical + \gamma \cdot Social, \tag{1}$$

where:

$\alpha, \beta, \gamma$  — weights (determined by the AHP method);

economic — economic efficiency;

technical — technological reliability;

social — social and reputational indicators.

2.2. Detailing of clusters

1. Economic efficiency (*Economic*)

Indicators:

$$Volume = \frac{\text{Number of participants}}{\text{Total platform turnover (BYN)}}; \tag{2}$$

$$Liquidity = \frac{\text{Number of transactions}}{\text{Average execution time (hours)}}; \tag{3}$$

$$CostEfficiency = \frac{\text{Platform profit}}{\text{Logistics costs} + \text{commissions}}. \tag{4}$$

2. Technological reliability (*Technical*)

Indicators:

$$Uptime = \frac{\sum uptime}{\text{Total time (hours)}}; \tag{5}$$

$$Security = 1 - \frac{\text{Number of cyberattacks}}{\text{Total amount of transactions}}; \tag{6}$$

$$Scalability = \frac{\text{Peak load}}{\text{Throughput (transactions/sec)}}. \tag{7}$$

3. Social and reputation indicators (*Social*)

Social =  $w_7 \cdot Trust + w_8 \cdot Satisfaction + w_9 \cdot Growth$

Indicators:

$$Trust = \frac{\sum user ratings}{10 \times \sum users}; \tag{8}$$

$$Satisfaction = 1 - \frac{\text{Claims}}{\text{Transactions}}; \tag{9}$$

$$Growth = \frac{\text{New users per month}}{\text{Active users}}. \tag{10}$$

2.3. Analytic Hierarchy Process (AHP) for Determining  $\alpha, \beta, \gamma$  Weights

The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a mathematical tool for decision making under multi-criteria uncertainty (by Thomas Saaty).

The goal of this model is to determine the weights of superclusters ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) and their internal factors ( $w_1, w_2, \dots, w_i$ ) based on expert assessments.

Pairwise comparison of criteria (table 2).

Table 2. Experts compare factors on a scale of relative importance from 1 to 9:

| Values     | Definition              |
|------------|-------------------------|
| 1          | Equal importance        |
| 3          | Moderate superiority    |
| 5          | Significant superiority |
| 7          | Strong superiority      |
| 9          | Absolute superiority    |
| 2, 4, 6, 8 | Intermediate values     |

Source: developed by the authors.

3. Integral indicator of B2B platform effectiveness:

$$Eff = \alpha \left( \sum_{i=1}^3 w_i \times Economic_i \right) + \beta \left( \sum_{j=1}^3 w_j \times Technical_j \right) + \gamma \left( \sum_{k=1}^3 w_k \times Social_k \right). \quad (11)$$

Interpretation:

$Eff > 0,7$  — high efficiency,

$0,5 < Eff \leq 0,7$  — average,

$Eff \leq 0,5$  — optimization required.

4. Stochastic optimization is a method for finding optimal solutions under conditions of uncertainty, when the model parameters contain random components (e.g. fluctuations in demand, exchange rates, delivery delays).

The platform faces random events:

Fluctuations in supply/demand (e. g. seasonality of goods).

Changes in exchange rates (CNY/BYN, CNY/RUB).

Logistics risks (customs clearance delays).

Cyberattacks or IT system failures.

This model allows the platform to automatically adapt to market changes, maintaining a balance between profitability and reliability.

Objective:

Maximize the expected platform performance (KPI) under conditions of uncertainty:

$\max E[KPI(x, \xi)]$ , where:

$x$  — controlled variables (e.g. platform commission, minimum seller rating),

$\xi$  — random parameters (CNY/BYN rate, demand, logistics delays).

4.1. Taking into account stochastic factors, the following random variables are added to the model (table 3):

Table 3. Variables added to the model in relation with stochastic factors

| Factor       | Indicators | Distribution                | Impact on effectiveness (Eff) |
|--------------|------------|-----------------------------|-------------------------------|
| CNY/BYN rate | $\xi_1$    | Lognormal (historical data) | Change in revenue in BYN      |

| Factor                  | Indicators | Distribution                        | Impact on effectiveness (Eff) |
|-------------------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Demand for goods        | $\xi_2$    | Poisson/normal                      | Platform turnover (Volume)    |
| Customs clearance time  | $\xi_3$    | Exponential                         | Liquidity                     |
| Number of cyber attacks | $\xi_4$    | Bernoulli (probability $p = 0,05$ ) | Security                      |

Source: developed by the authors.

#### 4.2. Two-stage stochastic model

##### Stage 1. “Here and now” decisions

Parameters that do not depend on the implementation of random events are fixed:

Dynamic rating of sellers ( $x_1 \geq 0.7$ ),

Basic platform commission ( $x_2 \in [1\%, 5\%]$ ).

##### Stage 2. Adaptation to random events

After observing the values of  $\xi$ , corrective decisions are made:

Dynamic change of commission:

$$x_2' = x_2 \cdot (1 + 0.1 \cdot (\xi_1 - E[\xi_1]))$$

Reservation of logistics capacities when  $\xi_3 > 48$  hours:

$$\text{CostEfficiency} \leftarrow 0,9 \cdot \text{CostEfficiency}$$

#### 4. Commission optimization

Below is an exemplary table that illustrates the results of a Monte Carlo simulation for BYN/CNY exchange rates, which is used to optimize platform commissions. In this simulation, the basic exchange rate is set at an expected value of  $E[\xi_1] = 0.45$  BYN/CNY. A key condition of the model is that if the simulated rate  $\xi_1$  exceeds 0.55 BYN/CNY, demand falls by 20 %, and the effective rate for commission calculation is subsequently reduced by a factor of 0.8.

In the table 4, each iteration represents one simulation run. The “Simulated  $\xi_1$ ” column shows the generated exchange rate, “Demand Adjustment Factor” indicates whether a penalty (0.8 when  $\xi_1 > 0.55$ , otherwise 1.0) is applied, and the “Effective Rate” is calculated as the product of the simulated rate and the adjustment factor.

Table 4. Monte Carlo Simulation Results for BYN/CNY Exchange Rates ( $M = 10,000$ )

| Iteration | Simulated $\xi_1$ (BYN/CNY) | Demand Adjustment Factor | Effective Rate (BYN/CNY) |
|-----------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1,000     | 0.43                        | 1.0                      | 0.43                     |
| 2,000     | 0.47                        | 1.0                      | 0.47                     |
| 3,000     | 0.56                        | 0.8                      | 0.448                    |
| 4,000     | 0.50                        | 1.0                      | 0.50                     |
| 5,000     | 0.60                        | 0.8                      | 0.48                     |
| 6,000     | 0.42                        | 1.0                      | 0.42                     |
| 7,000     | 0.55                        | 1.0                      | 0.55                     |
| 8,000     | 0.48                        | 1.0                      | 0.48                     |
| 9,000     | 0.59                        | 0.8                      | 0.472                    |
| 10,000    | 0.44                        | 1.0                      | 0.44                     |

Source: developed by the authors.

Table 5 includes the results of a Monte Carlo simulation for defining the effective platform commission percentage after incorporating two stages of corrective decisions. In this simulation, two stochastic factors are considered:

- Seller Rating ( $x_1$ ): Must be at least 0.7.
  - Basic Platform Commission ( $x_2$ ): Randomly drawn from a uniform distribution between 1 and 5 %.
- After the initial commission is established, a dynamic adjustment is made according to the formula:

$$x_2' = x_2 \times [1 + 0.1 \times (\xi_1 - E[\xi_1])], \tag{12}$$

where  $\xi_1$  is a randomly generated value and the expected value  $E[\xi_1]$  is assumed to be 0.8. In addition, if the sampled logistics delay  $\xi_3$  exceeds 48 hours, a cost efficiency reservation is triggered, applying a factor of 0.9 (i. e. effective commission is multiplied by 0.9). In the final analysis, the effective commission percentage is computed as:

$$\text{Effective Commission} = x_2' \times (\text{Logistics Factor}), \tag{13}$$

where the Logistics Factor is 0.9 when  $\xi_3 > 48$  hours and 1.0 otherwise.

The table 5 below shows simulation runs.

Table 5. Results of Monte-Carlo simulation for defining the effective platform commission based on stochastic factors (5,000 iterations)

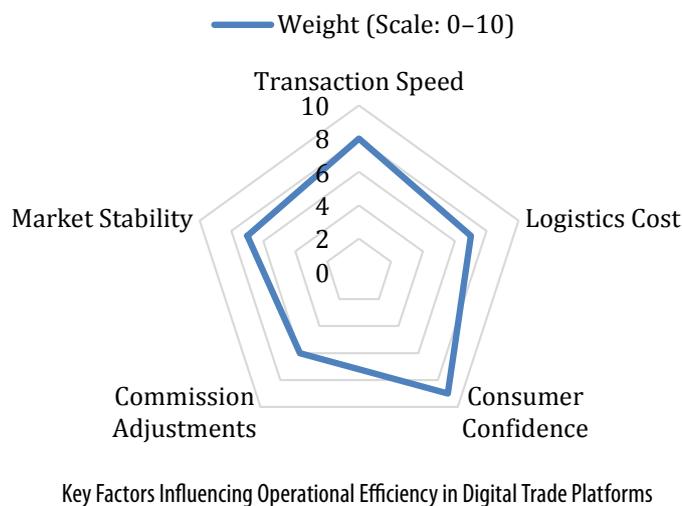
| Iteration | Seller Rating $x_1$ | Basic Commission $x_2$ (%) | $\xi_1$ | Adjusted Commission $x_2'$ (%) | $\xi_3$ (hours) | Logistics Factor | Effective Commission (%) |
|-----------|---------------------|----------------------------|---------|--------------------------------|-----------------|------------------|--------------------------|
| 1,000     | 0.75                | 2.00                       | 0.85    | 2.01                           | 50              | 0.9              | 1.81                     |
| 2,000     | 0.80                | 4.00                       | 0.78    | 3.99                           | 45              | 1.0              | 3.99                     |
| 3,000     | 0.90                | 1.50                       | 0.82    | 1.50                           | 60              | 0.9              | 1.35                     |
| 4,000     | 0.72                | 3.50                       | 0.79    | 3.50                           | 47              | 1.0              | 3.50                     |
| 5,000     | 0.85                | 5.00                       | 0.75    | 4.98                           | 52              | 0.9              | 4.48                     |

Source: developed by the authors.

The effective commission rate for the platform is defined by first adjusting the basic commission rate  $x_2$  (randomly drawn from the 1–5 % range) using the dynamic factor  $\xi_1$ . Specifically, the adjusted commission rate is calculated as  $x_2' = x_2 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\xi_1 - E[\xi_1])]$ , where  $E[\xi_1]$  is the expected seller rating value. Additionally, if the logistics delay  $\xi_3$  exceeds 48 hours, a further adjustment is applied by multiplying  $x_2'$  by 0.9 to account for capacity reservation measures; otherwise, the factor remains 1.0. In summary, the effective commission rate is given by:

Effective Commission =  $x_2 \cdot [1 + 0.1 \cdot (\xi_1 - E[\xi_1])] \cdot L$ , where  $L = 0.9$  if  $\xi_3 > 48$  hours, and  $L = 1.0$  otherwise. Visualisation of this model is available on Figure.

The simulation results indicate that the dynamic adjustment process allows the commission rate to reflect fluctuations in seller performance, while timely logistics performance is essential for maintaining cost efficiency. Incorporating these stochastic factors aids in optimizing the platform commission by ensuring that adjustments are sensitive to real



Source: developed by the authors.

market conditions. The implementation of a penalty in the form of a reduced rate when logistics challenges occur further supports operational responsiveness. Overall, the integrated model enhances the platform's ability to balance competitive commission strategies with market realities. Finally, this approach provides a robust framework for continuous commission optimization based on evolving seller and operational dynamics.

*Results of analysis.* This section presents a structured evaluation of these platforms based on simulated results, offering key insights into their efficiency, scalability, and risk mitigation strategies. It is based on probabilistic approach in shaping the future of digital commerce, ensuring sustained growth amid market fluctuations. It applies the suggested modeling approach to four major trade platforms — Qifa.ru, Alibaba.com, GlobalSources.com, and DHgate.com — each representing distinct operational structures and market coverage. By leveraging probability distributions and Monte Carlo simulations, the model facilitates a comparative assessment of transaction processing times, logistical expenditures, and revenue volatility under optimistic and pessimistic market scenarios. The adaptability of commission rates and the resilience of logistics networks are particularly emphasized, highlighting how platforms can strategically optimize operations in response to external economic pressures and regulatory constraints.

*Step 1. Transaction speed modelling.* Transaction processing speed is a critical metric in evaluating the operational efficiency of digital trade platforms, as it directly impacts customer satisfaction, order fulfilment, and overall platform responsiveness. To model this parameter effectively, we collected empirical data from published reports, platform performance benchmarks, and industry analyses of cross-border e-commerce services.

The expected transaction time for each platform was estimated based on documented average order completion times, API response speed, and user-reported feedback. Additionally, we incorporated stochastic variability using a log-normal distribution, reflecting occasional processing delays that occur due to network congestion, system load, or external transaction verification processes.

Data source. The values presented in table 6 are derived from Monte Carlo simulations based on platform-specific historical performance data and real-world execution speeds, providing a probabilistic framework for assessing transaction efficiency across Qifa.ru, Alibaba.com, GlobalSources.com, and DHgate.com. The comparison highlights operational strengths and areas where improvements may be necessary to maintain competitive performance.

Table 6. Transaction Processing Speed Modelling ( $\xi_1$ )

| Platform      | Expected Time ( $E[\xi_1]$ ) | Std. Deviation ( $\sigma$ ) | 90th Percentile Delay |
|---------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Qifa.ru       | 3.2 sec                      | 1.2 sec                     | 5.1 sec               |
| Alibaba.com   | 2.8 sec                      | 1.1 sec                     | 4.8 sec               |
| GlobalSources | 3.0 sec                      | 1.3 sec                     | 5.3 sec               |
| DHgate.com    | 3.5 sec                      | 1.5 sec                     | 5.5 sec               |

Source: developed by the authors.

*Step 2. Logistics costs modelling.* Logistics costs are a fundamental aspect of operational efficiency in cross-border e-commerce, influencing both profitability and market competitiveness. To accurately model logistics expenses, we sourced data from industry reports, platform-specific transaction records, and publicly available freight and shipping cost databases. Additionally, we incorporated real-time variations caused by fuel price fluctuations, international trade policies, and customs regulations, ensuring a dynamic and realistic estimation.

To reflect these cost variations, we used a gamma distribution, which captures the right-skewed nature of logistics costs — where most transactions occur within a predictable price range but occasional outliers significantly increase expenses. Monte Carlo simulations were conducted using historical averages for each platform, factoring in regional differences in fulfilment centres, preferred shipping carriers, and geopolitical influences on delivery routes (table 7).

Table 7. Logistics Costs ( $\xi_2$ )

| Platform      | Avg. Cost (USD) | Std. Deviation (USD) | % Probability Cost > 130 USD |
|---------------|-----------------|----------------------|------------------------------|
| Qifa.ru       | 100             | 30                   | 18 %                         |
| Alibaba.com   | 90              | 25                   | 12 %                         |
| GlobalSources | 110             | 35                   | 22 %                         |
| DHgate.com    | 105             | 32                   | 20 %                         |

Source: developed by the authors.

Step 3. Consumer confidence. Consumer confidence is a crucial factor in the performance of cross-border e-commerce platforms, directly influencing purchasing behavior, transaction volume, and overall platform engagement. To quantify this variable, we collected market sentiment data from industry reports, user surveys, and financial indicators, including economic stability metrics, trade regulations, and geopolitical factors affecting consumer trust in online transactions. A beta distribution was used to model consumer confidence ( $\xi_3$ ), as it appropriately represents values constrained within a bounded range (0 to 1) while capturing shifts in sentiment due to external influences. Monte Carlo simulations were performed to analyze fluctuations across different platforms, factoring in both optimistic and pessimistic market conditions. The results in Table 8 provide a comparative analysis of consumer confidence levels for Qifa.ru, Alibaba.com, GlobalSources.com, and DHgate.com, highlighting variations in user trust and engagement across different digital marketplaces. This probabilistic approach helps assess the stability of demand and informs strategies for enhancing consumer retention amid evolving market dynamics.

Table 8. Consumer Confidence Index ( $\xi_3$ )

| Platform      | Expected Confidence ( $E[\xi_3]$ ) | Optimistic Scenario (> 0.8) | Pessimistic Scenario (< 0.4) |
|---------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Qifa.ru       | 0.6                                | 32 %                        | 18 %                         |
| Alibaba.com   | 0.75                               | 40 %                        | 10 %                         |
| GlobalSources | 0.65                               | 35 %                        | 15 %                         |
| DHgate.com    | 0.55                               | 28 %                        | 20 %                         |

Source: developed by the authors.

Step 4. Performance Under Optimistic and Pessimistic Scenarios. Revenue fluctuations in cross-border e-commerce are influenced by a combination of operational efficiency, market dynamics, and external economic conditions. To evaluate the impact of these factors, we conducted Monte Carlo simulations considering optimistic and pessimistic scenarios, incorporating probability distributions for key drivers such as transaction processing speed, logistics costs, and consumer confidence. Data sources for this analysis include historical financial reports of the examined platforms, market trend studies on e-commerce performance, and external economic indicators such as exchange rate stability, tariff changes, and regional demand fluctuations. Industry benchmarks for revenue elasticity in response to transaction efficiency and logistics disruptions were derived from empirical studies on digital trade patterns. The results in table 9 present comparative revenue variations for Qifa.ru, Alibaba.com, GlobalSources.com, and DHgate.com, demonstrating how each platform responds to shifts in operational conditions. The optimistic scenario accounts for improved transaction speeds, lower logistics costs, and high consumer confidence, whereas the pessimistic scenario incorporates increased delivery delays, price volatility, and weakened consumer sentiment.

Table 9. Performance Under Optimistic and Pessimistic Scenarios

| Platform | Optimistic Revenue Growth (%) | Pessimistic Revenue Decline (%) |
|----------|-------------------------------|---------------------------------|
| Qifa.ru  | +15 %                         | -20 %                           |

| Platform      | Optimistic Revenue Growth (%) | Pessimistic Revenue Decline (%) |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Alibaba.com   | +18 %                         | -12 %                           |
| GlobalSources | +14 %                         | -22 %                           |
| DHgate.com    | +12 %                         | -25 %                           |

Source: developed by the authors.

The analysis presented in tables 6–9, based on our probabilistic model, reveals significant variability in transaction processing speeds, logistics costs, and consumer confidence across leading digital trade platforms. The Monte Carlo simulations indicate that faster processing speeds and lower logistics costs, as seen in platforms like Alibaba.com, contribute to more robust revenue outcomes in optimistic scenarios, while delays and increased costs can severely impact performance under pessimistic market conditions. These results underscore the importance of adaptive strategies, such as dynamic commission adjustments, in mitigating operational risks and stabilizing revenue streams in volatile markets. In the specific context of the Belarus-China digital trading platform, these insights are particularly relevant as international sanctions introduce additional uncertainties that affect supply chains and market sentiment. Overall, the probabilistic approach offers a valuable framework for optimizing operational efficiency, enabling platforms to navigate both domestic and global challenges while bolstering competitiveness in the cross-border e-commerce arena.

*Discussion and conclusions.* The application of the probabilistic model to assess operational efficiency reveals significant insights into the dynamics of key performance variables that drive the competitiveness of cross-border e-commerce platforms. Our model, which incorporates transaction processing speed (modeled by a log-normal distribution), logistics costs (modeled by a gamma distribution), and consumer confidence (modeled by a beta distribution), provides a robust framework for evaluating and comparing platforms such as Qifa.ru, Alibaba.com, GlobalSources.com, and DHgate.com. The Monte Carlo simulations and scenario analyses outlined in tables 1–4 demonstrate that platforms with faster transaction speeds and lower logistics costs — evident in platforms like Alibaba.com — are better positioned to capitalize on favorable market conditions. Conversely, platforms experiencing increased processing delays or higher logistics costs suffer more pronounced revenue declines under pessimistic conditions, particularly when compounded by a drop in consumer confidence. These findings underscore the value of incorporating dynamic, data-driven commission adjustments and predictive logistics measures to mitigate the operational risks associated with market volatility.

For a prospective Belarus-China digital trading platform, these insights are particularly relevant. As international sanctions continue to affect global supply chains and market sentiment, the Belarus-China platform must be engineered with robust adaptive mechanisms. By applying the same stochastic modeling methods, platform managers can anticipate the effects of sanctions-induced uncertainty on transactional efficiency, delivery performance, and user engagement. The model also emphasizes the importance of investing in technology upgrades and strategic logistics partnerships that can buffer the platform against external shocks. Ultimately, the flexibility and scalability of such a probabilistic framework enable continuous recalibration of operational strategies to preserve efficiency and profitability, even in an environment of constrained external support.

As the conclusion, the following points should be underlined:

1. A probabilistic modeling approach highlights that factors like transaction speed, logistics expenses, and customer confidence fundamentally influence both the efficiency and revenue generation of online trade platforms.
2. Monte Carlo simulations conducted under diverse market conditions indicate that platforms with stable performance metrics—such as rapid processing times and streamlined logistics — tend to secure considerable revenue gains when market conditions are favorable, whereas those with greater variability show a higher propensity for revenue declines under adverse scenarios.
3. A comparative review of platforms including Qifa.ru, Alibaba.com, GlobalSources.com, and DHgate.com confirms the vital need for adaptive strategies, such as dynamically recalibrating commission structures based on real-time performance data.

4. When applied to a Belarus-China digital trading platform, this model offers a strategic edge by facilitating proactive risk management, especially in light of the uncertainty introduced by international sanctions.

5. Integrating advanced probabilistic techniques into operational planning is crucial for boosting platform performance, sustaining competitive advantage, and promoting the growth of cross-border e-commerce in an ever-challenging global economic environment.

The further research shall be related with the following fields:

1. Integration of advanced data analytics and machine learning, focusing on incorporating machine learning techniques, such as reinforcement learning or deep learning, to enhance real-time data processing and dynamic decision-making. Such methods can refine predictive models for transaction speed, logistics costs, and consumer confidence, allowing digital trade platforms to recalibrate commission strategies and risk management protocols more accurately based on continuously updated market conditions.

2. Expansion of the probabilistic model to include broader geopolitical and economic risk factors: the current model accounts for factors like processing times, logistics variability, and consumer sentiment, further research should integrate additional variables—such as currency fluctuations, evolving regulatory environments, and the impact of international sanctions. Developing a multi-layered model that captures these broader risk factors will provide a more robust framework for assessing operational efficiency in volatile cross-border markets.

#### References:

1. Договор о дружбе и сотрудничестве между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой от 10 мая 2015 года. — URL: [https://etalonline.by/document/?regnum=i01500037&q\\_id=2499120](https://etalonline.by/document/?regnum=i01500037&q_id=2499120).

2. Соглашение между Правительством Республики Беларусь и Правительством Китайской Народной Республики о торговле услугами и осуществлении инвестиций. — Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 22.02.2025, 3/4165. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=102400036>. — Access: 12.04.2025.

3. Закон Республики Беларусь от 6 февраля 2025 г. № 54-3 «О ратификации Соглашения между Правительством Республики Беларусь и Правительством Китайской Народной Республики о торговле услугами и осуществлении инвестиций». — Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=H12500054>. — Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Access: 12.04.2025)

4. Директива Президента Республики Беларусь от 3 декабря 2021 г. № 9 «О развитии двусторонних отношений Республики Беларусь с Китайской Народной Республикой». — Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=11031&p0=P02100009>.

5. Соглашение между Правительством Республики Беларусь и Правительством Китайской Народной Республики о торговле услугами и осуществлении инвестиций 22 августа 2024 г. URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=i02400036>.

6. 35 проектов научно-технического сотрудничества планируют реализовать Беларусь и Китай до 2024 года // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — URL: <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2022/november/72292/>.

7. Указ Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32000156>.

8. Конкурс совместных белорусско-китайских научно-технических проектов на 2024–2025 годы <https://www.gknt.gov.by/deyatelnost/belorusko-kitajskikh-nauchno-tekhnicheskikh-proektov-na-2024--2025-gody.php>.

9. Santos, Jose & Fernandes, Gabriela & Ferreira, Luís Miguel D. F. & Ribeiro, Pedro. Measuring the innovation projects effectiveness. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/257945234\\_Measuring\\_the\\_innovation\\_projects\\_effectiveness](https://www.researchgate.net/publication/257945234_Measuring_the_innovation_projects_effectiveness) [accessed Jul 05 2024].

10. Volkov, A. Zagulyaeva, A. Strategic Characteristics Used in Assessing Effectiveness of Innovation Projects. *Mechanical Engineering and Computer Science*, Vol. 3, 2018. 1-17. 10.24108/0218.0001359.

11. Sokolenko, Igor. Assessment of the effectiveness of implementation of innovation projects in the activities of financial. *Moscow economic journal*, No.4, 2024. 838-845. 10.55186/2413046X\_2024\_9\_3\_183.

12. Bushuyev, S. Formation of leadership in the management of nuclear safety projects / S. Bushuyev, A. Ivko, T. Liashchenko, O. Tykhonova // *Management of Development of Complex Systems*. — 2024. — No. 3. — 20–26. 10.32347/2412-9933.2024.57.20-26.

13. Huang, K. Forced to innovate? / K. Huang, N. Jia, Y. Ge // Consequences of United States' anti-dumping sanctions on innovations of Chinese exporters. *Research Policy*. — 2024. — 53, 104899. 10.1016/j.respol.2023.104899.
14. Самаль, С. А. К оценке инвестиционной привлекательности / С. А. Самаль // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы Международной научной конференции, Минск, 28 февраля 2019 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет. — Минск: Право и экономика, 2019. — С. 281–283. — EDN MLVNPY.
15. Комков, В. Н. К вопросу об эффективности инвестиций в белорусскую экономику / В. Н. Комков // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы IX Международной научно-практической конференции, Минск, 19–20 мая 2016 г. Том 1. — Минск: Белорусский государственный экономический университет, 2016. — С. 196–198. — EDN ZFIENB.
16. Ковалев, М. М. Анализ динамики конкурентных позиций секторов национальной экономики на мировых рынках / М. М. Ковалев, А. А. Королева, Т. Цзянь // Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. — 2022. — № 1. — С. 4–10. — EDN DTYXQV.
17. Кристиневич, С. А. Институциональные интервенции: концепция и механизмы реализации в национальной и мировой экономике / С. А. Кристиневич. — Минск: ИВЦ Минфина, 2020. — 234 с. — ISBN 978-985-880-011-6. — EDN XBVAAS.
18. Belarus-China Projects Financing. URL: <https://brrb.by/en/activity/investment-projects-financing/belarus-china-projects-financing/>. — Access: 30.07.2024.
19. Аудиторское заключение по бухгалтерской отчетности за год, закончившийся 31 декабря 2021, Китайско-Белорусского совместного закрытого акционерного общества «Компания по развитию индустриального парка». — URL: <https://industrialpark.by/upload/Reporting-2021.pdf>. — Access: 30.07.2024.
20. Основные показатели деятельности резидентов Китайско-Белорусского индустриального парка «Великий камень». URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/statistika-malykh-territoriy/osobyie-ekonomicheskie-zony/godovye-dannye/osnovnye-pokazateli-deyatelnosti-rezidentov-kitaysko-belorusskogo-industrialnogo-parka-velikiy-kamen/>. — Access: 30.07.2024.
21. Gusakov, V. Factors and methods of effective management. Part 1. Intensification, concentration, specialization and location of production / V. Gusakov // *News of the National Academy of Sciences of Belarus. Agricultural sciences*. — 2020. — V. 58. — No. 1. — Pp. 7–12.

УДК 314.7

## ОЦЕНКА МИГРАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

## ASSESSMENT OF THE MIGRATION POTENTIAL OF REGIONS IN GRODNO REGION

**Н. С. Праулова,**

аспирант ГНУ «Научно-исследовательский экономический институт Министерства экономики Республики Беларусь»,  
г. Минск, Республика Беларусь

**N. Praulava,**

Graduate Student of the State Scientific Institution “Research Economic Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 01.04.2025.

В статье исследуется миграционный потенциал районов Гродненской области посредством сравнительного анализа основных социально-экономических показателей, играющих ключевую роль в выборе места проживания мигрантов.

Проведенный анализ основан на таких характеристиках территорий, как плотность населения, наличие рабочих мест, условия труда, уровень доходов населения, возможности для получения образования, доступность медицины, наличие жилья, возможности для проведения досуга, безопасность, экономическая перспектива территории и инвестиционный климат.

This article explores the migration potential of districts in the Grodno region through a comparative analysis of key socio-economic indicators that play a crucial role in the choice of residence for migrants. The analysis is based on characteristics of the territories, such as population density, availability of jobs, working conditions, income levels, access to education, health-care accessibility, housing availability, leisure opportunities, safety, economic prospects of the area, and investment climate.

**Ключевые слова:** миграционный потенциал, нормированные коэффициенты, рейтинг, социально-экономические показатели, сравнительный анализ.

**Keywords:** migration potential, normalized coefficients, ranking, socio-economic indicators, comparative analysis.

В современных условиях сокращения и старения населения отток жителей сельской местности становится важным аспектом социально-экономического развития регионов. Гродненская область, как и другие регионы Республики Беларусь, обладая уникальными территориальными характеристиками, требует тщательного анализа своего миграционного потенциала.

Сравнительный анализ конкретных социально-экономических показателей районов, учитывающий предпочтения мигрантов при выборе будущего места проживания, дает возможность составить рейтинг наиболее перспективных районов для привлечения мигрантов, а также определить их сильные и слабые стороны.

При выборе места жительства мигрантов интересуют такие характеристики будущего места проживания, как:

- плотность населения;
- наличие рабочих мест;
- условия труда;
- уровень доходов населения;
- возможности для получения образования;
- доступность медицины;
- наличие жилья;
- возможности для проведения досуга;
- безопасность;
- экономическая перспектива территории;
- инвестиционный климат.

Для объективной оценки соответствия районов интересам мигрантов целесообразно использовать следующие показатели:

- число жителей;
- численность занятых;
- уровень зарегистрированной безработицы;
- соотношение принятых и уволенных работников;
- численность потерпевших при несчастных случаях на производстве;
- номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников;
- число учреждений дошкольного образования;
- число учреждений общего среднего образования;
- обеспеченность населения практикующими врачами;
- обеспеченность населения средними медицинскими работниками;
- обеспеченность населения больничными койками;
- обеспеченность населения жильем;
- торговые объекты;
- объекты общественного питания;
- клубы;
- число зарегистрированных преступлений;

- количество организаций;
- удельный вес убыточных;
- инвестиции в основной капитал;
- поступление иностранных инвестиций.

Для упрощения доступа к данным при проведении последующих исследований с помощью описанной ниже методики все показатели взяты из одного источника — Статистического ежегодника Гродненской области за 2024 г. (табл. 1) [1].

Для сравнительного анализа выбранных социально-экономических показателей по районам целесообразно применять методы нормированной оценки и индексного рейтинга. Для количественного определения уровня привлекательности района для мигрантов используем такой показатель, как нормированный коэффициент, который вычисляется как отношение значения показателя в конкретном районе к максимальному значению данного показателя среди всех районов:

$$K = \frac{П_p}{П_{mr}}, \quad (1)$$

где  $K$  — нормированный коэффициент;

$П_p$  — значение показателя в конкретном районе;

$П_{mr}$  — максимальное значение показателя среди всех районов.

Значение данного коэффициента отражает относительное положение каждого района по выбранным параметрам и его значение колеблется от 0 до 1, что позволяет привести все показатели к единой шкале измерения.

Для составления итогового рейтинга вычисляется средний коэффициент по всем показателям для каждого района в отдельности. Районы ранжируются по полученному среднему коэффициенту, что позволяет их сравнивать и выбирать наиболее успешные районы по заданным критериям. Итоговый индекс характеризует уровень привлекательности района для мигрантов по сравнению с другими районами. Так как г. Гродно является областным центром и по всем показателям будет сильно превышать показатели в районах, из сравнительного анализа он исключается.

С помощью статистических данных рассчитаны значения коэффициентов для районов Гродненской области (табл. 2).

Результаты позволяют увидеть, что максимально возможное значение коэффициента, равное 1, соответствует Лидскому району, следовательно, он имеет самую высокую плотность населения. Среди районов с высокой плотностью населения также можно отметить Волковысский район — значение коэффициента равно 0,63.

Самые низкие значения коэффициента в Свислочском (0,10) и Ивьевском (0,13) районах, что говорит о низкой плотности населения в данных районах.

Для определения наличия рабочих мест в районах использовался показатель численности населения, занятого в экономике, и рассчитаны значения коэффициентов для районов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что максимально возможное значение коэффициента, равное 1, соответствует Лидскому району, следовательно, у него высокое наличие рабочих мест. Среди районов по данному показателю можно выделить и Волковысский район — значение коэффициента равно 0,53.

Самые низкие значения коэффициента в Зельвенском (0,10), Свислочском (0,11) и Берестовицком (0,12) районах, что говорит о низкой концентрации рабочих мест в данных районах.

Для определения условий труда в районах нормированные коэффициенты рассчитаны для следующих статистических показателей:

- уровень зарегистрированной безработицы, в процентах к численности рабочей силы (на конец года);
- соотношение принятых и уволенных работников, в процентах;
- численность потерпевших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом, на 1000 работающих.

Таблица 1

Статистические данные по районам Гродненской области за 2023 г.

| Показатели  | Берестовицкий район | Волковысский район | Вороневский район | Гродненский район | Дятловский район | Зельвенский район | Ивьевский район | Кореличский район | Лидский район | Мостовский район | Новотрудский район | Островецкий район | Ошмянский район | Свислочьский район | Слонимский район | Сморгонский район | Шучинский район |
|---|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Число жителей на 1 км <sup>2</sup>  | 19                  | 54                 | 15                | 19                | 14               | 15                | 11              | 17                | 86            | 19               | 24                 | 18                | 24              | 9                  | 41               | 32                | 17              |
| Занятое население, тыс. чел.  | 6,2                 | 28,7               | 9,1               | 24,6              | 9,9              | 5,6               | 8,6             | 7,8               | 53,8          | 11               | 19,2               | 13                | 11,9            | 5,8                | 23,6             | 21                | 15              |
| Уровень зарегистрированной безработицы, %   | 0,02                | 0,08               | 0,03              | 0,07              | 0,03             | 0,05              | 0,09            | 0,04              | 0,14          | 0,11             | 0,11               | 0,01              | 0,07            | 0,02               | 0,04             | 0,11              | 0,08            |
| Соотношение принятых и уволенных работников, %                                    | 88,9                | 92,5               | 96,8              | 96,0              | 90,7             | 88,5              | 89,4            | 89,6              | 96,4          | 87,9             | 92,9               | 96,7              | 97,0            | 90,6               | 92,6             | 93,2              | 91,0            |
| Численность потерпевших при несчастных случаях на производстве на 1000 работающих | 1,37                | 1,01               | 1,37              | 0,85              | 0,87             | 0,88              | 0,16            | 1,95              | 0,67          | 0,68             | 0,53               | 0,70              | 0,99            | 0,43               | 0,64             | 0,60              | 0,92            |
| Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников, руб.          | 1695,2              | 1597,7             | 1472,6            | 1800,8            | 1518,9           | 1501,1            | 1347,6          | 1487,9            | 1591,6        | 1464,8           | 1510,1             | 2340,3            | 1502,4          | 1442,9             | 1558,7           | 1694,8            | 1554,1          |

Продолжение таблицы 1

| Показатели  | Берестовицкий район | Волковьевский район | Вороновский район | Продненский район | Дятловский район | Зелёвский район | Ивевский район | Кореличский район | Лидский район | Мостовский район | Новотрудский район | Островский район | Ошмянский район | Свислочский район | Слонимский район | Сморгонский район | Шучинский район |
|---|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------|---------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Число учреждений дошкольного образования                                      | 10                  | 23                  | 19                | 20                | 14               | 8               | 15             | 12                | 48            | 14               | 19                 | 18               | 18              | 10                | 25               | 19                | 19              |
| Число учреждений общего среднего образования                                  | 11                  | 20                  | 16                | 23                | 13               | 11              | 13             | 12                | 34            | 13               | 17                 | 16               | 15              | 11                | 21               | 18                | 17              |
| Численность практикующих врачей в расчете на 10 000 чел. населения            | 29,8                | 39,5                | 33,6              | -                 | 37,4             | 42,8            | 31,2           | 26,5              | 42,1          | 38,1             | 32,9               | 64,9             | 25,1            | 46,3              | 33,0             | 29,1              | 40,0            |
| Численность средних медицинских работников в расчете на 10 000 чел. населения | 89,3                | 116,3               | 154,9             | -                 | 135,2            | 129,2           | 140,3          | 108,4             | 107,4         | 122,2            | 103,3              | 154,2            | 92,3            | 156,0             | 117,5            | 103,6             | 115,7           |
| Обеспеченность населения больничными койками на 10 000 чел. населения         | 63,0                | 63,6                | 62,0              | -                 | 76,1             | 70,8            | 79,9           | 55,9              | 72,9          | 73,8             | 72,6               | 100,1            | 57,0            | 83,1              | 58,7             | 55,5              | 74,1            |
| Обеспеченность населения жильем (м <sup>2</sup> общей площади на 1 жителя)    | 36,9                | 34,5                | 44,6              | 37,5              | 45,7             | 48,4            | 42,0           | 36,2              | 30,4          | 40,4             | 31,8               | 35,5             | 34,9            | 50,2              | 33,2             | 32,2              | 45,1            |

Окончание таблицы 1

| Показатели  | Берестовицкий район | Волковьевский район | Воронежский район | Гродненский район | Лятовский район | Зельвенский район | Ивьевский район | Кореличский район | Лидский район | Мостовский район | Новогрудский район | Островецкий район | Ошмянский район | Свислочьский район | Слонимский район | Сморгонский район | Шумячский район |
|---|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Торговые объекты  | 106                 | 533                 | 174               | 273               | 258             | 104               | 203             | 169               | 1064          | 260              | 337                | 282               | 249             | 107                | 474              | 443               | 351             |
| Объекты общественного питания   | 25                  | 89                  | 38                | 67                | 36              | 32                | 35              | 38                | 187           | 30               | 54                 | 65                | 47              | 18                 | 78               | 65                | 44              |
| Клубы   | 13                  | 21                  | 18                | 21                | 7               | 10                | 12              | 15                | 17            | 16               | 17                 | 12                | 15              | 14                 | 16               | 12                | 15              |
| Число зарегистрированных преступлений (случаев) на 100 000 чел. населения | 756                 | 1009                | 844               | 1034              | 906             | 721               | 782             | 812               | 880           | 1064             | 748                | 655               | 922             | 895                | 674              | 760               | 987             |
| Количество организаций  | 161                 | 474                 | 171               | 963               | 215             | 119               | 321             | 198               | 1 431         | 226              | 455                | 247               | 285             | 153                | 504              | 544               | 324             |
| Удельный вес убыточных организаций  | 14,9                | 14,2                | 6,7               | 18,9              | 7,3             | 16,7              | 10,4            | 11,1              | 12,1          | 14,5             | 8,9                | 13,6              | 8,2             | 16,7               | 15,1             | 15,0              | 16,5            |
| Инвестиции в основной капитал, мил. руб.                                  | 77,5                | 190,1               | 88,9              | 333,5             | 108,1           | 80,7              | 75,3            | 77,5              | 378,0         | 100,1            | 124,7              | 597,8             | 97,2            | 114,0              | 180,2            | 163,3             | 135,3           |
| Поступление иностранных инвестиций, тыс. долл. США                        | 16,4                | 1737,3              | 479,8             | 2081,4            | 2304,9          | 5,6               | 63,7            | 52,8              | 32 273,1      | 3794,9           | 274,6              | 384,7             | 65,6            | 25 492,3           | 2044,7           | 144 629,7         | 709,5           |

Источник: разработка автора.



Продолжение таблицы 2

| Показатель                                   | Возможности для получения образования |                     |                    |                   |                  |                 |                 |                   |               |                  |                    |                   |                 |                    |                  |                   |                 |
|--|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|
|  | Берестовицкий район                   | Волковбисский район | Воронковский район | Продненский район | Дятловский район | Зелёвский район | Львовский район | Кореличский район | Лидский район | Мостовский район | Новогрудский район | Островецкий район | Ошмянский район | Свислочьский район | Слонимский район | Сморгонский район | Шумячский район |
| Число учреждений дошкольного образования     | 0,21                                  | 0,48                | 0,40               | 0,42              | 0,29             | 0,17            | 0,31            | 0,25              | 1,00          | 0,29             | 0,40               | 0,38              | 0,38            | 0,21               | 0,52             | 0,40              | 0,40            |
|  | 0,32                                  | 0,59                | 0,47               | 0,68              | 0,38             | 0,32            | 0,38            | 0,35              | 1,00          | 0,38             | 0,50               | 0,47              | 0,44            | 0,32               | 0,62             | 0,53              | 0,50            |
| Численность практикующих врачей              | 0,46                                  | 0,61                | 0,52               | 1,0               | 0,58             | 0,66            | 0,48            | 0,41              | 0,65          | 0,59             | 0,51               | 0,39              | 0,39            | 0,71               | 0,51             | 0,45              | 0,62            |
|  | 0,57                                  | 0,75                | 0,99               | 1,0               | 0,87             | 0,83            | 0,90            | 0,69              | 0,69          | 0,78             | 0,66               | 0,59              | 0,59            | 1,00               | 0,75             | 0,66              | 0,74            |
| Обеспеченность населения больничными койками | 0,63                                  | 0,64                | 0,62               | 1,0               | 0,76             | 0,71            | 0,80            | 0,56              | 0,73          | 0,74             | 0,73               | 0,57              | 0,57            | 0,83               | 0,59             | 0,55              | 0,74            |
|  | 0,74                                  | 0,69                | 0,89               | 0,75              | 0,91             | 0,96            | 0,84            | 0,72              | 0,61          | 0,80             | 0,63               | 0,70              | 0,70            | 1,00               | 0,66             | 0,64              | 0,90            |
| Обеспеченность населения жильем              |                                       |                     |                    |                   |                  |                 |                 |                   |               |                  |                    |                   |                 |                    |                  |                   |                 |

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Окончание таблицы 2

| Показатель                | Берестовицкий район                   | Волковьевский район | Воронежский район | Трудненский район | Дятловский район | Зелёвский район | Ивьевский район | Корелицкий район | Лидский район | Мостовский район | Новгородский район | Островский район | Ошмянский район | Свислочьский район | Слонимский район | Сморгонский район | Щучинский район |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Допут                     | Торговые объекты                      | 0,10                | 0,50              | 0,16              | 0,26             | 0,24            | 0,10            | 0,19             | 0,16          | 0,24             | 0,32               | 0,27             | 0,23            | 0,10               | 0,45             | 0,42              | 0,33            |
|                           | Объекты общественного питания         | 0,13                | 0,48              | 0,20              | 0,36             | 0,19            | 0,17            | 0,19             | 1,00          | 0,16             | 0,29               | 0,35             | 0,25            | 0,10               | 0,42             | 0,35              | 0,24            |
|                           | Клубы                                 | 0,62                | 1,00              | 0,86              | 1,00             | 0,33            | 0,48            | 0,57             | 0,81          | 0,76             | 0,81               | 0,57             | 0,71            | 0,67               | 0,76             | 0,57              | 0,71            |
| Безопасность              | Число зарегистрированных преступлений | 0,29                | 0,05              | 0,21              | 0,03             | 0,15            | 0,32            | 0,27             | 0,17          | 0,00             | 0,30               | 0,38             | 0,13            | 0,16               | 0,37             | 0,29              | 0,07            |
| Экономическая перспектива | Количество организаций                | 0,11                | 0,33              | 0,12              | 0,67             | 0,15            | 0,08            | 0,22             | 1,00          | 0,16             | 0,32               | 0,17             | 0,20            | 0,11               | 0,35             | 0,38              | 0,23            |
|                           | Удельный вес убыточных организаций    | 0,21                | 0,25              | 0,65              | 0,00             | 0,61            | 0,12            | 0,45             | 0,36          | 0,23             | 0,53               | 0,28             | 0,57            | 0,12               | 0,20             | 0,21              | 0,13            |
| Инвестиционные климат     | Инвестиции в основной капитал         | 0,13                | 0,32              | 0,15              | 0,56             | 0,18            | 0,13            | 0,13             | 0,63          | 0,17             | 0,21               | 1,00             | 0,16            | 0,19               | 0,30             | 0,27              | 0,23            |
|                           | Поступление иностранных инвестиций    | 0,00011             | 0,01201           | 0,00332           | 0,01439          | 0,01594         | 0,00004         | 0,00044          | 0,22314       | 0,02624          | 0,00190            | 0,00266          | 0,00045         | 0,17626            | 0,01414          | 1,00000           | 0,00491         |

Источник: разработка автора.

Так как показатели уровня зарегистрированной безработицы и численности потерпевших при несчастных случаях на производстве являются отрицательными по своим характеристикам, их коэффициенты были вычислены как разность между 1 и рассчитанным нормированным коэффициентом.

Полученные средние коэффициенты (табл. 3) по районам свидетельствуют о том, что лучше всего условия труда в Островецком и Свислочском районах — средний коэффициент равен 0,86. Самые низкие средние значения коэффициентов в Кореличском и Лидском районах — 0,55. Следовательно, среди районов у них наихудшие условия труда.

Для установления уровня доходов населения в районах выбран такой статистический показатель, как номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников и рассчитаны значения коэффициентов для районов.

Результаты позволяют увидеть, что максимально возможное значение коэффициента, равное 1, соответствует Островецкому району, следовательно, он имеет самый высокий уровень доходов населения. Среди районов с высоким уровнем доходов населения можно отметить Гродненский район — значение коэффициента равно 0,77. Самое маленькое значение коэффициента в Ивьевском районе — 0,58, что говорит о низком уровне доходов населения в данном районе.

Чтобы определить возможности для получения образования в районах, рассчитаны нормированные коэффициенты для следующих статистических показателей:

- число учреждений дошкольного образования;
- число учреждений общего среднего образования на начало учебного года 2022/2023.

Средние коэффициенты по районам свидетельствуют о том, что больше всего возможностей для получения образования в Лидском районе — средний коэффициент равен 1. Самые низкие средние значения коэффициентов в Зельвенском (0,25), Берестовицком (0,27) и Свислочском (0,27) районах. Следовательно, среди районов у них меньше всего возможностей для получения образования.

Чтобы определить доступность медицины в районах, нормированные коэффициенты рассчитаны для следующих статистических показателей:

- численность практикующих врачей в расчете на 10 000 человек населения на конец года;
- численность средних медицинских работников в расчете на 10 000 человек населения на конец года;
- обеспеченность населения больничными койками на 10 000 человек населения на конец года.

Так как Гродненский район прилегает к областному центру — г. Гродно — и его показатель будет сильно превышать показатели в районах, из анализа по данному параметру он был исключен, а его коэффициенту присвоено значение, равное 1.

Средние коэффициенты по районам свидетельствуют о том, что доступней всего медицина в Островецком (1,00) и Свислочском (0,85) районах. Самые низкие средние значения коэффициентов в Ошмянском (0,52), Берестовицком (0,55), Кореличском (0,55) и Сморгонском (0,56) районах. Следовательно, среди районов у них меньше всего возможностей для получения медицинских услуг.

Для определения наличия жилья в районах выбран такой статистический показатель, как обеспеченность населения жильем на конец года, и рассчитаны значения коэффициентов для районов. Результаты позволяют увидеть, что максимально возможное значение коэффициента, равное 1, соответствует Свислочскому району, следовательно, обеспеченность населения жильем в данном районе выше всего. Среди районов с высоким значением коэффициента можно отметить Зельвенский (0,96), Дятловский (0,91), Шучинский (0,90) и Вороновский (0,89) районы. Самое маленькое значение коэффициента в Лидском районе — 0,61, то есть обеспеченность населения жильем в данном районе самая низкая.

Для определения возможностей для проведения досуга в районах нормированные коэффициенты рассчитаны для следующих статистических показателей:

- количество торговых объектов на конец года;
- количество объектов общественного питания на конец года;
- количество клубов на конец года.

Средние коэффициенты по районам свидетельствуют о том, что больше всего возможностей для проведения досуга в Лидском районе — средний коэффициент равен 0,94. Самые низкие средние

значения коэффициентов в Зельвенском (0,25) и Дятловском (0,26) районах. Следовательно, среди районов у них меньше всего возможностей для проведения досуга.

Для определения уровня безопасности в районах выбран такой статистический показатель, как число зарегистрированных преступлений (случаев) на 100 000 человек населения, и рассчитаны значения коэффициентов для районов по данному показателю. Так как показатель числа зарегистрированных преступлений (случаев) на 100 000 человек населения является отрицательным по своим характеристикам, его коэффициент вычислен как разность между 1 и рассчитанным нормированным коэффициентом.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что выше всего уровень безопасности в Островецком (0,38) и Слонимском (0,37) районах. Самые низкие значения коэффициента в Мостовском (0,00), Гродненском (0,03), Волковысском (0,05) и Щучинском (0,12) районах, что говорит о низком уровне безопасности в данных районах по сравнению с остальными.

Для определения экономической перспективы в районах нормированные коэффициенты рассчитаны для следующих статистических показателей:

- количество организаций на конец года;
- удельный вес убыточных организаций в процентах от общего количества организаций.

Так как показатель удельного веса убыточных организаций является отрицательным по своим характеристикам, его коэффициент вычислен как разность между 1 и рассчитанным нормированным коэффициентом.

Полученные средние коэффициенты по районам свидетельствуют о том, что выше всего экономическая перспектива в Лидском районе — средний коэффициент равен 0,68. Самые низкие средние значения коэффициентов в Зельвенском (0,10) и Свислочском (0,11) районах. Следовательно, среди районов у них самая низкая экономическая перспектива.

Для определения инвестиционного климата в районах нормированные коэффициенты были рассчитаны для следующих статистических показателей:

- инвестиции в основной капитал в фактически действовавших ценах;
- поступление иностранных инвестиций.

Средние коэффициенты по районам свидетельствуют о том, что лучше всего инвестиционный климат на момент исследования в Сморгонском (0,64) и Островецком (0,50) районах. Самые низкие средние значения коэффициентов в Берестовицком и Ивьевском районах — 0,06. Следовательно, среди районов у них наихудший инвестиционный климат на момент исследования.

На основании рассчитанных коэффициентов по интересующим мигрантов параметрам территорий рассчитан средний коэффициент для каждого района. По полученному индексу каждому району присвоено место в рейтинге (см. табл. 3).

Результаты проведенных расчетов позволяют увидеть, что 1-е место в рейтинге перспективных районов для привлечения мигрантов занимает Лидский район.

Сделанные выводы по Лидскому району соответствуют действительности. С 2010 по 2019 г. среди районов Гродненской области именно в Лидском районе число прибывших мигрантов ежегодно существенно превышало значения данного показателя по сравнению с другими районами [2].

На последнем месте в рейтинге оказались Кореличский (17-е место), Берестовицкий (16-е место), Мостовский (15-е место) и Зельвенский (14-е место) районы. Согласно описанной выше методике проделанного анализа, данные районы являются наименее перспективными районами для привлечения мигрантов. Нормированный коэффициент дает возможность провести количественную оценку уровня привлекательности исследуемых районов для мигрантов.

Продоланный сравнительный анализ конкретных социально-экономических показателей районов, учитывающий предпочтения мигрантов при выборе будущего места проживания, позволил оценить миграционный потенциал районов Гродненской области. В дальнейшем это позволит выработать основные направления регулирования миграционных процессов на их территории.

Данный анализ предоставил возможность выявить сильные и слабые стороны районов, что способствует более эффективному распределению ресурсов. Местные власти смогут сосредоточить свои усилия на привлечении мигрантов за счет сильных сторон в районах с высоким миграционным

Таблица 3

Рейтинг перспективных районов для привлечения мигрантов

| Место в рейтинге | Районы        | Коэффициенты        |                      |               |                 |                                       |                      |               |       |              |                           |                       |      |  | Средний коэффициент |
|------------------|---------------|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------|-------|--------------|---------------------------|-----------------------|------|--|---------------------|
|                  |               | Плотность населения | Наличие рабочих мест | Условия труда | Уровень доходов | Возможности для получения образования | Доступность медицины | Наличие жилья | Досуг | Безопасность | Экономическая перспектива | Инвестиционный климат |      |  |                     |
| 1-е              | Лидский       | 1,00                | 1,00                 | 0,55          | 0,68            | 1,00                                  | 0,69                 | 0,61          | 0,94  | 0,17         | 0,68                      | 0,43                  | 0,70 |  |                     |
| 2-е              | Островецкий   | 0,21                | 0,24                 | 0,86          | 1,00            | 0,42                                  | 1,00                 | 0,71          | 0,39  | 0,38         | 0,23                      | 0,50                  | 0,54 |  |                     |
| 3-е              | Гродненский   | 0,22                | 0,46                 | 0,68          | 0,77            | 0,55                                  | 1,00                 | 0,75          | 0,54  | 0,03         | 0,34                      | 0,29                  | 0,51 |  |                     |
| 4-е              | Слонимский    | 0,48                | 0,44                 | 0,78          | 0,67            | 0,57                                  | 0,62                 | 0,66          | 0,54  | 0,37         | 0,28                      | 0,16                  | 0,50 |  |                     |
| 5-е              | Волковысский  | 0,63                | 0,53                 | 0,64          | 0,68            | 0,53                                  | 0,66                 | 0,69          | 0,66  | 0,05         | 0,29                      | 0,17                  | 0,50 |  |                     |
| 6-е              | Сморгонский   | 0,37                | 0,39                 | 0,63          | 0,72            | 0,46                                  | 0,56                 | 0,64          | 0,45  | 0,29         | 0,29                      | 0,64                  | 0,49 |  |                     |
| 7-е              | Новогрудский  | 0,28                | 0,36                 | 0,63          | 0,65            | 0,45                                  | 0,63                 | 0,63          | 0,47  | 0,30         | 0,42                      | 0,11                  | 0,45 |  |                     |
| 8-е              | Вороновский   | 0,17                | 0,17                 | 0,69          | 0,63            | 0,43                                  | 0,71                 | 0,89          | 0,41  | 0,21         | 0,38                      | 0,08                  | 0,43 |  |                     |
| 9-е              | Дятловский    | 0,16                | 0,18                 | 0,76          | 0,65            | 0,34                                  | 0,73                 | 0,91          | 0,26  | 0,15         | 0,38                      | 0,10                  | 0,42 |  |                     |
| 10-е             | Щучинский     | 0,20                | 0,28                 | 0,64          | 0,66            | 0,45                                  | 0,70                 | 0,90          | 0,43  | 0,07         | 0,18                      | 0,12                  | 0,42 |  |                     |
| 11-е             | Свислочский   | 0,10                | 0,11                 | 0,86          | 0,62            | 0,27                                  | 0,85                 | 1,00          | 0,29  | 0,16         | 0,11                      | 0,18                  | 0,41 |  |                     |
| 12-е             | Ивьевский     | 0,13                | 0,16                 | 0,73          | 0,58            | 0,35                                  | 0,73                 | 0,84          | 0,32  | 0,27         | 0,34                      | 0,06                  | 0,41 |  |                     |
| 13-е             | Ошмянский     | 0,28                | 0,22                 | 0,68          | 0,64            | 0,41                                  | 0,52                 | 0,70          | 0,40  | 0,13         | 0,38                      | 0,08                  | 0,40 |  |                     |
| 14-е             | Зельвенский   | 0,17                | 0,10                 | 0,70          | 0,64            | 0,25                                  | 0,73                 | 0,96          | 0,25  | 0,32         | 0,10                      | 0,07                  | 0,39 |  |                     |
| 15-е             | Мостовский    | 0,22                | 0,20                 | 0,60          | 0,63            | 0,34                                  | 0,70                 | 0,80          | 0,39  | 0,00         | 0,20                      | 0,10                  | 0,38 |  |                     |
| 16-е             | Берестовицкий | 0,22                | 0,12                 | 0,70          | 0,72            | 0,27                                  | 0,55                 | 0,74          | 0,28  | 0,29         | 0,16                      | 0,06                  | 0,37 |  |                     |
| 17-е             | Кореличский   | 0,20                | 0,14                 | 0,55          | 0,64            | 0,30                                  | 0,55                 | 0,72          | 0,36  | 0,24         | 0,28                      | 0,07                  | 0,37 |  |                     |

Источник: разработка автора.

потенциалом, а также на устранении недостатков в районах с низким миграционным потенциалом. Для привлечения мигрантов могут быть использованы следующие инструменты воздействия:

- создание информационных компаний, продвигающих преимущества районов;
- улучшение доступности образования и здравоохранения через строительство школ и больниц;
- реализация программы поддержки малого бизнеса для привлечения инвестиций в районы с низким инвестиционным климатом;
- выделение субсидий на жилье для новых жителей и др.

Разработанная методика и полученные результаты могут быть использованы для формирования целенаправленных стратегий управления миграционными процессами и улучшения условий жизни населения в стране.

**Используемые источники информации:**

1. Статистический ежегодник Гродненской области, 2024 г. [Электронный ресурс]: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2024. — Режим доступа: [https://grodno.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdaniya/public\\_compilation/index\\_135024/](https://grodno.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdaniya/public_compilation/index_135024/). — Дата доступа: 04.01.2025.
2. Число прибывших лиц [Электронный ресурс]: Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10101300001/>. — Дата доступа: 11.01.2025.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В журнале «Новости науки и технологий» публикуются научные и проблемные статьи, а также краткие сообщения по вопросам экономики и управления народным хозяйством, развития науки и технологий в Республике Беларусь и других странах, посвященные пропаганде перспективных направлений науки и техники, производства, инновационной деятельности, международного сотрудничества.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 5 января 2023 г. № 2 журнал входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим (машиностроение и машиноведение; приборостроение, метрология и информационно-измерительные системы) наукам.

Журнал включен в наукометрическую базу данных — Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Электронные версии статей, опубликованных в журнале, размещаются в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU.

**Редакция журнала приглашает ученых и специалистов в качестве авторов статей журнала** и просит при представлении материалов руководствоваться следующими правилами.

1. Рукопись статьи (далее — статья, произведение) на русском, или белорусском, или английском языках представляется в редакцию на бумажном носителе (формат А4) в двух экземплярах, пронумерованных и подписанных всеми авторами.

2. К статье о результатах работ, выполненных в организации, прилагают: ходатайство (сопроводительное письмо) организации об опубликовании статьи; заключение (акт экспертизы) об отсутствии в работе сведений, составляющих государственную тайну; рецензию (для научных статей). Нельзя направлять в редакцию работы, напечатанные в иных изданиях либо направленные в иные издания.

3. Электронный вариант статьи в форматах документов \*.doc, \*.docx и **метаданные произведения** представляются на электронном носителе (CD, DVD) либо электронным письмом с приложением на электронный почтовый ящик [doroshuk@belisa.org.by](mailto:doroshuk@belisa.org.by) или [sudilovskaya@belisa.org.by](mailto:sudilovskaya@belisa.org.by). Названия прикрепленных к письму файлов должны включать фамилии авторов.

4. В редакцию на бумажном носителе представляют **лицензионный договор и акт приема-передачи произведения**, оформленные и подписанные каждым автором. *Авторы, ранее заключившие договор с журналом, предоставляют только акт приема-передачи произведения.*

5. Основной текст статьи набирается шрифтом типа Times, размер символов 12 п., одинарный интервал, абзацный отступ 1 см, поля: левое — 3, правое — 1, верхнее — 2, нижнее — 2 см, в текстовых редакторах Word под Windows, для формул — в формульном редакторе Word.

6. Рукописи статей должны включать следующие элементы:

- **индекс УДК** (<http://udc.biblio.uspu.ru/>);
- **название статьи на русском и английском языках;**
- **сведения об авторах** (для каждого из авторов) **на русском и английском языках:** фамилия, имя, отчество;

должность, ученая степень, ученое звание; название организации, в которой работает (учится), город, страна;

– аннотацию (резюме) (до 100–150 слов, или 600–800 печатных знаков) к статье **на русском и английском языках;**

– ключевые слова или словосочетания (до 15) **на русском и английском языках** (ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой);

– полный текст статьи;

– библиографический список литературы (только на языке оригинала).

7. Объем статьи не должен превышать 10–15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и список литературы). Принимаются краткие сообщения до трех страниц. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков с пробелами).

8. Весь иллюстративный материал (кроме диаграмм MS Excel, MS Graph) предоставляется в наилучшем качестве в виде отдельных файлов с разрешением не менее 300 dpi, содержащих номер рисунка с расширением, указывающим на формат используемого файла (\*1.TIF, \*2.JPG и т. д.), а также (или) в форме отпечатанных фотографий. Каждый рисунок должен иметь название, которое помещается под рисунком. Если в тексте более одного рисунка, то они нумеруются арабскими цифрами (например: «Рис. 1. Название...»). Номер помещается перед названием. Таблицы вставляются в текст, они должны обязательно иметь название и заголовки всех граф.

9. Основным шрифтом набираются: греческие и русские буквы; математические символы (sin, lg); символы химических элементов (C, Cl, CHCl<sub>3</sub>); цифры (римские и арабские); векторы, индексы (верхние и нижние), являющиеся сокращениями слов. Курсивом набираются латинские буквы: переменные, символы физических величин (в том числе и в индексе). Жирным шрифтом набираются векторы (стрелки сверху не ставятся), а также слова и цифры, которые нужно выделить. Формулы с дробями, знаками сумм, интегралов, верхними и нижними индексами набираются в редакторе формул MathType. Отдельно стоящие в тексте буквы (a, b, d, j, l, m, r и др.), знаки и символы (€, ±, ', ^, ¥, °, ª, º и др.) набираются без использования редактора формул: они вставляются из меню Вставка/Символ. Если длина формулы превышает длину строки, то следует разорвать данную формулу на несколько строк в соответствии с правилами переноса математических формул.

10. Размерности всех величин, используемых в тексте, должны соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

11. Литература приводится общим списком в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте идут по порядку и обозначаются цифрой в квадратных скобках (например: [1], [2]). Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Литература на английском языке набирается по тем же правилам, что и русскоязычная. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

12. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются в соответствии с порядком цитирования в тексте.

13. Представляя текст статьи для публикации в журнале, авторы гарантируют правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в представленной рукописи статьи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

14. Материалы и рукописи статей, представленные в редакцию с нарушением требований настоящих Правил, редакцией не рецензируются и не рассматриваются на предмет опубликования. Рукописи автору не возвращаются.

15. Оригиналы авторских рукописей хранятся в редакции в течение года, рецензий — в течение трех лет.

16. Рецензирование научных материалов осуществляется путем стороннего и внутреннего рецензирования.

При стороннем рецензировании авторы прилагают к рукописи статьи рецензию доктора или кандидата наук, заверенную в установленном порядке.

Внутреннее рецензирование осуществляется членами редакционной коллегии соответствующего научного профиля с ученой степенью доктора или кандидата наук, назначаемыми главным редактором.

Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. При наличии замечаний со стороны внутреннего рецензента статья возвращается автору на доработку. Исправленная статья повторно направляется на рецензирование. Датой поступления статьи считается день получения редакцией окончательного варианта статьи.

В случае отказа в опубликовании представленных материалов редакция не дает письменного заключения о причинах такого решения, не знакомит автора с результатами рецензирования и не возвращает поступившие материалы.

17. Редакция оставляет за собой право на редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

**Раздел подготовлен по материалам издательства научной и медицинской литературы Elsevier, а также материалов Международного Комитета по публикационной этике (COPE)**

18. Этика научных публикаций.

18.1. Все статьи, предоставленные для публикации в журнале «Новости науки и технологий», проходят рецензирование на оригинальность, этичность и значимость. Соблюдение стандартов этического поведения важно для всех сторон, принимающих участие в публикации: авторов, редакторов журнала, рецензентов, издателя.

18.2. Автор материала, представленного к опубликованию, не должен публиковать работы, которые описывают по сути одно и то же исследование, более чем один раз или более чем в одном журнале.

Предоставление рукописи более чем в один журнал одновременно означает неэтичное издательское поведение и является недопустимым.

18.3. Авторство необходимо ограничить теми лицами, которые внесли ощутимый вклад в концепцию, проект, исполнение или интерпретацию заявленной работы. Всех, кто внес ощутимый вклад, следует внести в список соавторов.

18.4. Автор должен гарантировать, что список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали свое согласие на ее публикацию.

18.5. Редакция рецензируемого журнала «Новости науки и технологий» является ответственной за принятие решения о том, какие статьи будут опубликованы в журнале. Решение принимается на основании представляемых на статью рецензий. Редактор может советоваться с другими редакторами для принятия решений.

18.6. Редакционная коллегия журнала «Новости науки и технологий» при рассмотрении статьи на основании рекомендации Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь может произвести проверку материала с помощью системы «Антиплагиат».

18.7. Неопубликованные материалы, находящиеся в предоставленной статье, не должны быть использованы в собственном исследовании научного редактора и рецензентов без специального письменного разрешения автора.

18.8. Рецензенты должны идентифицировать опубликованную работу, которая не была процитирована автором. Любое утверждение, что наблюдение, происхождение либо аргумент ранее были сообщены, необходимо сопровождать соответствующей ссылкой. Рецензент также должен донести до сведения редакции о любой существенной схожести или частичном совпадении между рукописью, которая рецензируется, и другой уже опубликованной работой, которая ему знакома.

18.9. Приватная информация или идеи, возникшие в процессе рецензирования, должны остаться конфиденциальными и не могут быть использованы в личных интересах. Рецензент не должен рассматривать рукопись, если имеет место конфликт интересов в результате его конкурентных, партнерских либо других отношений или связей с кем-либо из авторов, компаний или организаций, связанных с материалом публикаций.

18.10. Рецензенты или кто-либо из сотрудников штаба редакции не должны разглашать никакую информацию о предоставленной рукописи кому-либо, кроме самого автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, других редакционных советников и издателя, поскольку она является конфиденциальной.

**Материалы в редакцию следует направлять по адресу:**

**пр. Победителей, 7, 220004, г. Минск**

**ГУ «БелИСА»**

**(журнал «Новости науки и технологий»)**

**Тел.: (+375 17) 203-41-23, 306-09-46**

