

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЕСТНИК

ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (48)

ВИТЕБСК 2024

ISSN 2079-7958 (Print)
ISSN 2306-1774 (Online)

MINISTRY OF EDUCATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS
EDUCATIONAL INSTITUTION
"VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY"

BULLETIN

OF VITEBSK STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

№ 2 (48)

VITEBSK 2024

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Кузнецов Андрей Александрович, д-р техн. наук, профессор

Заместитель главного редактора – Ванкевич Елена Васильевна, д-р экон. наук, профессор

Ответственный секретарь – Рыклин Дмитрий Борисович, д-р техн. наук, профессор

Члены редакционной коллегии

Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности

- Редактор – Буркин А.Н., д-р техн. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Рубаник В.В., д-р техн. наук, профессор (ИТА НАН Беларуси)
- Абрамович Н.А., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Башметов В.С., д-р техн. наук, профессор (Республика Беларусь)
- Гусаров А.М., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Дунина Е.Б., канд. физ.-мат. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Казарновская Г.В., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Киосев Й., д-р техн. наук, профессор (Дрезденский технический университет, Германия)
- Кирсанова Е.А., д-р техн. наук, профессор (РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)
- Коган А.Г., д-р техн. наук, профессор (Республика Беларусь)
- Корнилова Н.Л., д-р техн. наук, доцент (ИвГПУ, Российская Федерация)
- Милашиус Р., д-р техн. наук, профессор (Каунасский технологический университет, Литва)
- Ольшанский В.И., канд. техн. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Панкевич Д.К., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Разумеев К.Э., д-р техн. наук, профессор (РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)
- Садовский В.В., д-р техн. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Ташпулатов С.Ш., д-р техн. наук, профессор (Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)
- Шустов Ю.С., д-р техн. наук, профессор (РГУ им. А.Н. Косыгина, Российская Федерация)

Химическая технология

- Редактор – Ясинская Н.Н., д-р техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Дормешкин О.Б., д-р техн. наук, профессор (БГТУ, Республика Беларусь)
- Дутчик В., научный сотрудник (Институт по исследованию полимеров, Германия)
- Корниенко А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Скобова Н.В., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Стёпин С.Г., канд. хим. наук, доцент (ВГМУ, Республика Беларусь)
- Труханов А.В., д-р физ.-мат. наук, доцент (ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», Республика Беларусь)
- Шут В.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Щербина Л.А., канд. техн. наук, доцент (БГУТ, Республика Беларусь)

Экономика

- Редактор – Яшева Г.А., д-р экон. наук, профессор (Республика Беларусь)
- Касаева Т.В., канд. техн. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Богдан Н.И., д-р экон. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Быков А.А., д-р экон. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Варшавская Е.Я., д-р экон. наук, профессор (НИУ «Высшая школа экономики», Российская Федерация)
- Зайцева О.В., канд. экон. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Коробова Е.Н., канд. экон. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Меньшиков В.В., д-р социол. наук, профессор (Даугавпилский университет, Латвия)
- Нехорошева Л.Н., д-р экон. наук, профессор (БГЭУ, Республика Беларусь)
- Плахин А.Е., д-р экон. наук, доцент (УргЭУ, Российская Федерация)
- Советникова О.П., канд. экон. наук, доцент (ВГТУ, Республика Беларусь)
- Шматко А.Д., д-р экон. наук, профессор (Институт проблем региональной экономики Российской академии наук, Российская Федерация)

Журнал включен в перечень научных изданий Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, в информационно-аналитическую систему «Российский индекс научного цитирования», наукометрические базы Google Scholar, Erich Plus, Ulrich's Periodicals Directory, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Index Copernicus International (ICI), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), научную электронную библиотеку «КиберЛенинка». Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72, тел.: 8-0212-49-53-38.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Editorial Board:

Editor-in-Chief Andrei A. Kuzniatsou, Dr. Sc. (Eng), Professor
Deputy Editor-in-Chief Alena V. Vankevich, Dr. Sc. (Econ), Professor
Executive secretary Dzmitry B. Ryklin, Dr. Sc. (Eng), Professor

Thematic Editors

Technology of Materials and Products of Textile Industry and Consumer Goods Industry

- Editor Alexander N. Burkin, Dr. Sc. (Eng), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Vasili V. Rubanik, Dr. Sc. (Eng), Professor (Institute of Technical Acoustics of Belarus NAS)
- Natallia A. Abramovich, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Valery S. Bashmetau, Dr. Sc. (Eng), Professor (Republic of Belarus)
- Aliaksei M. Husarau, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Elena B. Dunina, Cand. Sc. (Phys.-Mat), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Galina V. Kazarnovskaya, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Yordan Kyosev, Dr. Sc. (Eng), Professor (Hochschule Niederrhein, Germany)
- Elena A. Kirsanova, Dr. Sc. (Eng), Professor (Russian State University named after A.N. Kosygin, Russian Federation)
- Aleksander G. Kogan, Dr. Sc. (Eng), Professor (Republic of Belarus)
- Nadezhda L. Kornilova, Dr. Sc. (Eng), Associate Professor (Ivanovo State Polytechnic University, Russian Federation)
- Rimvydas Milašius, Dr. Sc. (Eng), Professor (Kaunas University of Technology, Lithuania)
- Valery I. Alshanski, Cand. Sc. (Eng), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Darya K. Pankevich, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Konstantin E. Razumeev, Dr. Sc. (Eng), Professor (Russian State University named after A.N. Kosygin, Russian Federation)
- Victor V. Sadovski, Dr. Sc. (Eng), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Salikh S. Tashpulatov, Dr. Sc. (Eng), Professor (Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan)
- Yuriy S. Shustov, Dr. Sc. (Eng), Professor (Russian State University named after A.N. Kosygin, Russian Federation)

Chemical Engineering

- Editor Natallia N. Yasinskaya, Dr. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Oleg B. Dormeshkin, Dr. Sc. (Eng), Professor (BSTU, Republic of Belarus)
- Victoria Dutschk, Researcher (The Institute of Polymer Research, Dresden, Germany)
- Alexey A. Kornienko, Dr. Sc. (Phys.-Mat), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Natallia V. Skobova, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Svjatoslav G. Stepin, Cand. Sc. (Chem), Associate Professor (VSMU, Republic of Belarus)
- Alex V. Trukhanov, Dr. Sc. (Phys.-Mat), Associate Professor (State Scientific and Production Association "Scientific and Practical Materials Research Centre of the National Academy of Sciences of Belarus", Republic of Belarus)
- Victor N. Shut, Dr. Sc. (Phys.-Mat), Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Leonid A. Shcherbina, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (BSUFT, Republic of Belarus)

Economics

- Editor Galina A. Yasheva, Dr. Sc. (Econ), Professor (Republic of Belarus)
- Tamara V. Kasayeva, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Nina I. Bohdan, Dr. Sc. (Econ), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Aliaksei A. Bykau, Dr. Sc. (Econ), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Elena Ya. Varshavskaya, Dr. Sc. (Econ), Professor (National Research University "Higher School of Economics", Russian Federation)
- Olga V. Zaitseva, Cand. Sc. (Econ), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Alena N. Korabava, Cand. Sc. (Econ), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Vladimir V. Menshikov, Dr. Sc. (Soc), Professor (Daugavpils University, Latvia)
- Lyudmila N. Nekhorosheva, Dr. Sc. (Econ), Professor (BSEU, Republic of Belarus)
- Andrey E. Plakhin, Dr. Sc. (Econ), Associate Professor (Ural State Economic University, Russian Federation)
- Olga P. Sovetnikova, Cand. Sc. (Econ), Associate Professor (VSTU, Republic of Belarus)
- Alexey D. Shmatko, Dr. Sc. (Econ), Professor (Institute for Regional Economic Studies RAS, Russian Federation)

The journal is registered in the Belarus Higher Attestation Commission Catalogue of scientific publications on results of dissertation research, and indexed in the National information Analysis System "Russian Science Citation Index", Google Scholar, Erich Plus, Ulrich's Periodicals Directory, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ) academic databases, Index Copernicus International (ICI), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), the CyberLeninka scientific electronic library.

Republic of Belarus, Vitebsk, Moscovsky pr, 72, tel.: 8-0212-49-53-38.

Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 1/172 issued on February 12, 2014.

Certificate of State Registration of the publisher, producer, and distributor of printed media No. 3/1497 issued on February 30, 2017.

СОДЕРЖАНИЕ

Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности

Марущак Ю. И., Ясинская Н. Н.

Сравнительная оценка эргономических свойств тканей с полиуретановым покрытием 9

Рыклин Д. Б., Демидова М. А., Карнилов М. С.

Оценка паропроницаемости раневых повязок с нановолокнистым покрытием 18

Ивашко Е. И.

Комплексная оценка свойств влагозащитных материалов для специальной одежды 28

Акиндинова Н. С.

Исследование влияния шлихтующего препарата на обрывность нитей основы в ткачестве ... 38

Химическая технология

Скобова Н. В., Горохова А. В., Ясинская Н. Н., Попко Е. П.

Энергосберегающая технология крашения текстильных материалов из белковых волокон природными красителями с использованием натуральных протрав..... 52

Пчелова Н. В., Козловская И. С., Будкуте И. А., Щербина Л. А.

Исследование влияния условий формования на свойства гель-волокон из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и 2-акриламид-2-метилпропансульфоуксусной кислоты 62

Экономика

Калиновская И. Н.

Современные методы сбора и обработки информации о рынке труда и направления их использования в практике управления человеческими ресурсами 82

Горовой С. О.

Теоретико-методические подходы к формированию цифровой экосистемы рынка труда молодежи в регионе..... 102

Касаева Т. В., Конюшко Е. С.

Структурно-динамическая оценка показателей цифровизации и цифровой трансформации организаций Республики Беларусь 122

Салтрукович Н. О., Алексеева Е. А.

Цифровая платформа для управления цепями поставок в неокластерах 140

ПАМЯТКА АВТОРАМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ВИТЕБСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА» 154

ОФОРМЛЕНИЕ ССЫЛОК НА ИСТОЧНИКИ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ..... 157

CONTENTS

Technology of Materials and Products of Textile Industry and Consumer Goods Industry

- Yulia I. Maruschak, Natallia N. Yasinskaya**
Comparative assessment of ergonomic properties of polyurethane coated fabrics..... 9
- Dzmitry B. Ryklin, Mariya A. Demidova, Mikhail S. Karnilau**
Evaluation of vapor permeability of wound dressings with nanofiber coating18
- Katsiaryna I. Ivashko**
Comprehensive assessment of properties of waterproof materials for special clothing 28
- Natallia S. Akindzinava**
Study of the influence of the sizing agent on the breakage of warp threads in weaving38

Chemical Engineering

- Natallia V. Skobova, Anastasia V. Gorohova, Natallia N. Yasinskaya, Alena P. Papko**
Energy-saving technology for dyeing textile materials from protein fibers with natural dyes using natural mordants..... 52
- Natallia V. Pchalova, Iryna S. Kozlovskaya, Iryna A. Budkute, Leonid A. Shcherbina**
Study of the influence of forming conditions on the properties of gel-fibers from copolymers of acrylonitrile, methyl acrylate and 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid..... 62

Economics

- Iryna N. Kalinouskaya**
Modern methods of collecting and processing information about the labour market and the directions of their use in the practice of human resource management 82
- Stanislav O. Gorovoy**
Theoretical and methodological approaches to the formation of the digital ecosystem of the youth labour market in the region..... 102
- Tamara V. Kasayeva, Yauheniya S. Koniushka**
Structural and dynamic assessment of indicators of digitalization and digital transformation of organizations of the Republic of Belarus122
- Natalia O. Saltrukovich, Alena A. Aliakseyeva**
Digital platform for supply chain management in neoclusters 140

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS OF JOURNAL "BULLETIN OF STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY"	154
PREPARATION OF LINKS TO SOURCES AND A LIST OF REFERENCES.....	157

**Сравнительная оценка эргономических свойств тканей
с полиуретановым покрытием****Ю. И. Марущак***Витебский государственный технологический университет,***Н. Н. Ясинская***Республика Беларусь*

Аннотация. Эргономичность является одним из основных требований, предъявляемых к одежде в настоящее время. Задача обеспечения и улучшения эргономических свойств одежных материалов является актуальной и требует комплексного подхода.

К эргономическим показателям одежды относятся антропометрические, психофизиологические, гигиенические свойства. Искусственные кожи применяются для изготовления одежды второго слоя, поэтому такие материалы должны формировать оптимальный микроклимат в пододежном пространстве и обеспечивать максимальный комфорт при эксплуатации изделий.

С целью объективной оценки качества новых материалов с полиуретановым покрытием, производимых в Республике Беларусь, и сравнения с импортируемыми аналогами подобных материалов проведены исследования гигиенических свойств тканей с полиуретановым покрытием различных производителей, заявленные как материалы одежного назначения с хорошей паро- и воздухопроницаемостью.

Производители искусственных кож, придавая им пористость, в полной мере не решают проблемы низких гигиенических свойств, так как размер пор оказывается слишком большим. Натуральные кожи обладают порами среднего размера, и испарения через них выходят, но влага внутрь не попадает. В белорусских тканях с пористым полиуретановым покрытием удалось добиться микропористости, аналогичной натуральной коже, так что в отличие от прежних заменителей они обладают хорошими гигиеническими свойствами (паро- и воздухопроницаемость, гигроскопичность). Повышенные значения показателей также обусловлены хлопчатобумажной тканью саржевого переплетения в основе материала. Образцы обладают удовлетворительными грязеоталкивающими свойствами, усадка после мокрых обработок отсутствует.

Белорусские ткани с микропористым полиуретановым покрытием превосходят импортные аналоги с монолитным и пористым покрытием и близки по эргономическим показателям с натуральными кожами, что обуславливает их преимущество при использовании в качестве материалов одежного назначения второго слоя.

Ключевые слова: эргономичность, гигиенические свойства, пористый полиуретан, одежда второго слоя, ткань, микроклимат, экокожа.

Информация о статье: поступила 8 мая 2024 года.

Статья подготовлена по материалам доклада 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, которая состоялась 18–19 апреля 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

Comparative assessment of ergonomic properties of polyurethane coated fabrics**Yulia I. Maruschak***Vitebsk State Technological University,***Natallia N. Yasinskaya***Republic of Belarus*

Abstract. Ergonomics is one of the main requirements for clothing at present. The task of ensuring and improving the ergonomic properties of clothing materials is relevant and requires an integrated approach.

Ergonomic indicators of clothing encompass anthropometric, psychophysiological, and hygienic properties. Artificial leather finds application in second-layer clothing, demanding optimal microclimate creation within the under-garment space to

maximize user comfort.

In order to objectively assess the quality of newly developed materials with a polyurethane coating produced in the Republic of Belarus and compare them with imported analogues of similar materials, studies were conducted on the hygienic properties of fabrics with a polyurethane coating from various manufacturers, declared as clothing materials with good vapor and air permeability.

Despite manufacturers endowing artificial leather with porosity, the challenge of inadequate hygienic properties persists due to excessively large pore sizes. In contrast, natural leather features medium-sized pores that allow vapor diffusion while preventing moisture ingress. Belarusian fabrics, incorporating a porous polyurethane coating, achieve microporosity akin to natural leather. Unlike previous substitutes, these fabrics exhibit favorable hygienic properties, including vapor and air permeability as well hygroscopicity. The cotton twill fabric forming the material base contributes to elevated performance indicators.

Notably, the samples demonstrate satisfactory dirt-repellent properties, and no shrinkage occurs after wet treatment.

Belarusian fabrics, featuring a microporous polyurethane coating, outperform imported counterparts with a monolithic and porous coating. Their ergonomic indicators closely align with those of natural leather, establishing their advantage as clothing materials for the second layer.

Keywords: ergonomics, hygienic properties, porous polyurethane, second layer clothing, fabric, microclimate, eco-leather.

Article info: received May 8, 2024.

The article summarizes the research materials presented at the 57th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, held on April 18–19, 2024 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

Введение

Текстильные материалы, используемые при производстве одежды второго слоя должны соответствовать комплексу требований, которые предъявляют к ней потребители. Одними из главных потребительских характеристик повседневной одежды являются показатели эргономичности, которые определяют степень соответствия одежды антропометрическим особенностям человека, ее соответствие санитарно-гигиеническим нормам, удобство пользования изделием в соответствующих условиях. Эргономические показатели характеризуют удобство и комфорт эксплуатации изделия в системе «человек-изделие-окружающая среда» и учитывают соответствие материалов различным эргономическим требованиям человеческого организма (Орленко и Гаврилова, 2009). Одежда и материалы второго слоя должны обеспечить создание оптимального пододежного микроклимата, способствовать удалению испарений и отвечать характеру выполняемой работы. В рамках данной работы интерес представляют гигиенические свойства, поскольку именно благодаря им обеспечивается максимальный комфорт при эксплуатации изделия.

Гигиенические свойства одежды во многом обеспечиваются показателями паро- и воздухопроницаемости, и гигроскопичности материала. Паропроницаемость

определяет способность материала пропускать водяные пары как изнутри, так и снаружи, и зависит от его толщины и пористости. Недостаточный уровень паропроницаемости ведет к задержанию паров, выделяемых телом человека, в пространстве под одеждой, увлажнению одежды и снижению ее теплозащитных свойств. Воздухопроницаемость обеспечивает поддержание теплового баланса с окружающей средой и удаление из пододежного пространства углекислоты, влаги и кожных выделений. Гигроскопичность – свойство тканей адсорбировать на своей поверхности пары из окружающего воздуха, поглощать пот и влагу. Это особенно важно для обеспечения нормального теплообмена. Высокая гигроскопичность материалов позволяет поглощать испаряющийся пот с поверхности кожи, одновременно сохраняя на достаточном уровне теплозащитные свойства (Дарханова и Айтуленова, 2018).

Натуральные и искусственные кожи широко применяются при производстве одежды и кожгалантерейных изделий (Никитина и Гаврилова, 2013). Искусственные кожи применяются для изготовления одежды второго слоя, поэтому такие материалы должны формировать оптимальный микроклимат в пододежном пространстве. Искусственные кожи не всегда обеспечивают удовлетворительные гигиенические показатели, поскольку монолитный полимерный слой делает такие материа-

лы непроницаемыми для пара и воздуха (рисунок 1 б) [Бекашева, 2014; Бокова и Андрианова, 2008; Zhang Y. & Zhang Q., 2012]. Такие материалы используются для пошива одежды третьего слоя (куртки, пальто), а также для мебели и декора, где гигиенические свойства не играют первостепенной роли.

На сегодняшний день технологии совершенствуются и все большую популярность приобретают ткани с лицевым микропористым полиуретановым покрытием (экокожи) [Рахматуллина и Панкова, 2022; Вишневецкая, 2016]. Главной отличительной чертой тканей с микропористым полиуретановым покрытием (экокож) от существующих искусственных кож является комплекс гигиенических показателей материала, которые обеспечивают в пододежном пространстве оптимальный микроклимат для нормального функционирования организма человека и являются для него безвредными. Анализ литературных источников выявил, что трактовка термина экокожа различна. Под этим названием может подразумеваться, например, полимерное покрытие, нанесенное на натуральный спилоч или же композитное полотно, где в качестве основы используется текстильное полотно, а в качестве матрицы – полимерное покрытие (ПУ, ПВХ). Также встречаются публикации, где под экокожей подразумевают материал Pinatex, который представляет полностью натуральный материал, созданный из растительных волокон [Кудринский и Тюрин,

2022]. В целом, этот материал может иметь множество разновидностей, и прежде всего потому, что нет единого общемирового определения термина экокожа. Специалисты кожевенной индустрии считают некорректным применение терминов «экокожа», «веган-кожа» [Бекашева, 2015]. Следует отметить, что в белорусском и российском законодательствах также отсутствует понятие «экокожа». В рамках данной работы используется следующая трактовка: ткань с полиуретановым покрытием – текстильный композиционный материал, где в качестве основы используется хлопчатобумажная или хлопкополиэфирная ткань, а лицевой слой представляет собой вспененный полиуретан. Вспенивание полимеров позволяет решить проблему низкой проницаемости материала. Среди большого числа полимерных материалов, используемых в текстильной промышленности, особое место занимают полиуретаны, что обусловлено весьма ценным и специфичным комплексом свойств [Potočić & Skenderi, 2013]. Наличие большого числа полярных групп обеспечивает высокую адгезию покрытий к поверхностям, а специфические свойства полиуретанов – высокие физико-механические свойства покрытий [Камалова, 2014].

Ткань с полиуретановым покрытием напоминает по своему виду натуральную кожу, в наибольшей степени приближается к ней по комплексу показателей гигиенических свойств и обеспечивает максимальный

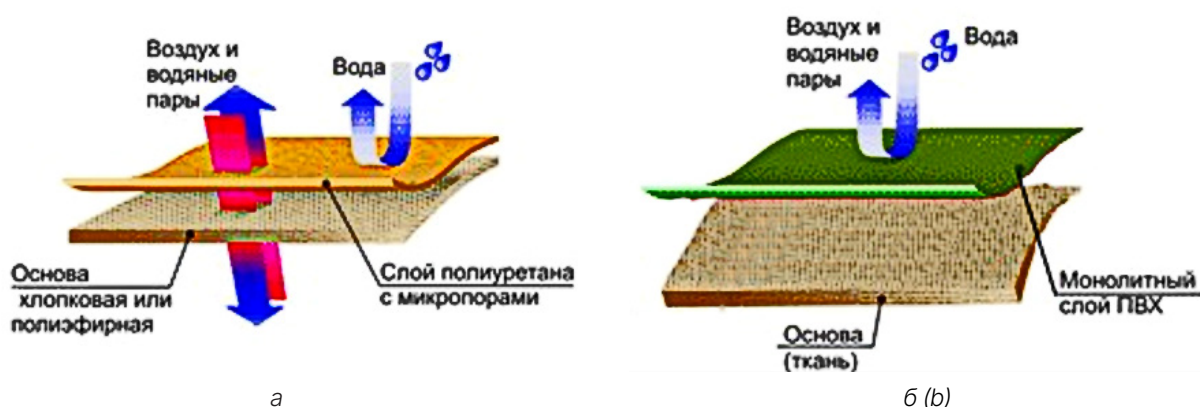


Рисунок 1 – Схемы материалов: а – с микропористым полиуретановым покрытием, б – с монолитной ПВХ пленкой

Figure 1 – Material schemes: a – with microporous polyurethane coating, b – with monolithic PVC film

комфорт при их использовании в качестве материалов для производства одежды второго слоя. Отличительной особенностью этого материала от существующих искусственных кож является повышенная паро- и воздухопроницаемость (рисунок 1 а).

Ткань с полиуретановым покрытием является популярным материалом для производства одежды второго и третьего слоев. В Беларуси формирование ассортимента подобного материала осуществляется за счёт импорта искусственных кож и тканей с покрытием из-за рубежа (Китай, Россия, Турция). Производители заявляют, что данные материалы обладают хорошими показателями паро- и воздухопроницаемости. В рамках инновационного проекта авторами и специалистами предприятия ОАО «БПХО» разработана и внедрена технология формирования микропористого полиуретанового покрытия на тканой основе (Марущак и др., 2023). По разработанной технологии полиуретановая композиция предварительно вспенивается до необходимой кратности и шаберным способом наносится на хлопчатобумажную либо хлопкополиэфирную ткань. Далее материал подвергается сушке и термофиксации. С помощью зазора между шабером и валками возможно варьировать толщину полимерного покрытия в зависимости от назначения готового материала.

Объект и методы исследования

Цель работы – установить эргономические показатели тканей с полиуретановым покрытием белорусского

производства и провести сравнительный анализ с импортными аналогами.

Белорусские образцы тканей с полиуретановым покрытием получены в производственных условиях ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» различной толщины. Представляют собой композиты, образованные сочетанием двух слоев. В качестве основы использовали хлопчатобумажную ткань саржевого переплетения. Для полимерного покрытия использовали препараты текстильной химии фирмы «СНТ» (Германия). Характеристики объектов исследования представлены в таблице 1.

Для исследования паропроницаемости материалов был выбран гравиметрический метод, реализованный с помощью анализатора влажности «Radwag» М-50, руководствуясь ГОСТ 22900-78 «Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения» и рекомендациями разработчика прибора. Температуру в камере прибора контролировали в течение всего опыта (40 °С). Время термостатирования – 30 минут, время испытания – 1 час. Коэффициент паропроницаемости определяли расчетным методом как отношение массы водяных паров, прошедших через пробу материала к площади образца материала и времени испытания. Воздухопроницаемость опытных образцов определяли в соответствии с ГОСТ 8973-77 «Кожа искусственная. Метод определения воздухопроницаемости», гигроскопичность –

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования
Table 1 – Characteristics of research objects

Шифр	Состав материала Материал-основа/лицевой слой	Толщина материала, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Производитель
№ 1р	Х/б, ткань саржевого переплетения / пористый полиуретан	0,74	300	Беларусь
№ 2з	Х/б, ткань саржевого переплетения / пористый полиуретан	0,45	260	Беларусь
№ 3ч	Х/б, ткань саржевого переплетения / пористый полиуретан	0,93	390	Беларусь
№ 4ч	Х/б, ткань полотняного переплетения / пористый полиуретан	0,76	430	Китай
№ 5б	Полиэстер, ткань саржевого переплетения / монолитный полиуретан	0,45	265	Китай
№ 6з	Полиэстер, ткань полотняного переплетения / пористый полиуретан	0,8	500	Россия

ГОСТ 8971-78 «Кожа искусственная, пленочные материалы и обувной картон. Методы определения гигроскопичности и влагоотдачи», интенсивность запаха водных вытяжек – инструкция 1.1.10-12-96-2005 «Гигиеническая оценка тканей, одежды и обуви». При одориметрических исследованиях материала второго слоя одежды использовали водные вытяжки. Усадку определяли в соответствии с ГОСТ 8972-78 «Кожа искусственная. Методы определения намокаемости и усадки». Оценка грязеотталкивающих свойств проводили по методике Soil-Release AA TCC-Test 130-1969. Капли декантированных экстрактов наносили на поверхность испытуемого материала при температуре 50 °С. По истечении 5 минут капли удаляли грушей, остатки жидкости – фильтровальной бумагой. Если на материале оставался заметный след от капли, определяли диаметр полученного пятна. О качестве судили по диаметру грязного пятна, если диаметр не превышал 0,5 см, а само загрязнение легко удалялось после стирки, то грязеотталкивающие свойства считали удовлетворительными. Загрязняющий состав: экстракт кофе, концентрация 37 г/л; экстракт чая, концентрация 30 г/л.

Для измерения толщины полимерного слоя проводили микроскопию в отраженном свете с помощью ис-

следовательского микроскопа Альтами МЕТ 5Т. Толщину полимерного слоя определяли, как среднее арифметическое длин не менее 10 поперечных линий, проведенных от верхней кромки полимера до текстильной основы с одинаковым шагом. Измерения проводили поперек каждой нити основы (Марущак и Ясинская, 2024).

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

В таблице 2 представлены результаты исследований эргономических показателей тканей с полиуретановым покрытием.

Рекомендуемые значения паропроницаемости для материалов второго слоя составляют 3,5–4 мг/(см²·ч). Анализ экспериментальных данных (таблица 2) показал, что импортируемые материалы под номерами № 4ч, № 5б, № 6з отличаются крайне низкой способностью пропускать пары воды и воздух. Их паропроницаемость составила около 4–5 мг/см²·ч, что значительно ниже аналогичного показателя у образцов белорусского производства 15–18 мг/см²·ч. Паропроницаемость для разных кож составляет от 0,5 до 11,6 мг·см²/ч. Например, паропроницаемость хромовых кож без покрытий достигает 7–11,6 мг·см²/ч, лаковых кож – 1,1 мг·см²/ч (Стельмашенко и Розаренова, 2019). Анализируя данные,

Таблица 2 – Эргономические показатели тканей с полиуретановым покрытием

Table 2 – Ergonomic properties of polyurethane coated fabrics

Показатель	Значения показателей					
	№ 1р	№ 2з	№ 3ч	№ 4ч	№ 5б	№ 6з
Толщина покрытия, мкм	395–410	90–105	700–720	405–415	170–195	390–405
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	383,5	221,6	117,3	0,15	0,04	0,03
Коэффициент паропроницаемости, мг/см ² ·ч	18,1	15,7	17,9	4,07	5,0	1,0
Гигроскопичность, %	8,19	9,6	8,3	6,45	0	0
Интенсивность запаха, балл	0	0	0	1	1	0
Усадка	0	0	0	0,6	0,6	0
Грязеотталкивающие свойства	удовл.	удовл.	удовл.	удовл.	остались следы от кофе	удовл.

опытные образцы тканей с полиуретановым покрытием белорусского производства обладают лучшей паропрооницаемостью, чем, например, лаковые и хромовые кожи с покрытием, что дает преимущество исследуемому материалу перед некоторыми видами кож.

В соответствии с ТР ТС 017/2011 показатель воздухопроницаемость нормируется для материалов и изделий второго слоя и составляет не менее $100 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$. Числовые значения воздухопроницаемости импортных образцов позволяют сделать вывод, что данные материалы непроницаемы для воздуха. Низкая проницаемость материалов обусловлена структурой лицевого покрытия, не обладающего сквозной пористостью. Высшие значения воздухопроницаемости присущи тканям с пористым полиуретановым покрытием белорусского производства (образцы № 1р, № 2з, № 3ч). По справочным данным (Стельмашенко и Розаренова, 2019), в большинстве случаев, воздухопроницаемость кожи с лицевым покрытием находится в пределах $20\text{--}100 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$. Высшие ее значения присущи козам с белковыми покрытиями, низкие – в равной мере козам с нитроцеллюлозными и акриловыми покрытиями. Существуют кожи с лицевым покрытием, совершенно не пропускающие воздух. По результатам исследований установлено, что воздухопроницаемость опытных образцов тканей с пористым полиуретановым покрытием белорусского производства превышают числовые значения этого же показателя искусственных кож с монолитным полимерным покрытием и исследуемых импортных образцов.

Одним из важных свойств натуральной кожи является ее высокая гигроскопичность (15–18 % при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности 65 %). Рекомендуемые значения гигроскопичности для материалов второго слоя составляют 3–7 %. У исследованных материалов белорусского производства (образцы № 1р, № 2з, № 3ч) и одного импортного образца (№ 4ч) гигроскопичность меньше, чем у натуральной кожи и в среднем составляет 8,2 %. Образцы № 5б и № 6з обладают нулевой гигроскопичностью. По оценке водных вытяжек, интенсивность запаха исследуемых образцов не превышает 1 балла, что подтверждает соответствие образцов санитарно-гигиеническим требованиям. Усадка образцов минимальна (№ 4ч, № 5б), а в некоторых случаях отсутствует (№ 1р, № 2з, № 3ч, № 6з).

Грязеотталкивающие свойства придают материалу улучшенные потребительские свойства, легкость удаления загрязнений различного происхождения. Исследуемые ткани с покрытием белорусского производства (№ 1р, № 2з, № 3ч) и некоторые импортные образцы (№ 4ч, № 6з) обладают удовлетворительными грязеотталкивающими свойствами. На образце № 5б заметны пятна от экстракта кофе. Для такого материала рекомендуется предварительно перед эксплуатацией изделия обрабатывать поверхность водоотталкивающими препаратами.

Выводы

Производители искусственных кож, придавая им пористость, всё равно не решают проблемы низких гигиенических свойств, так как размер пор оказывается слишком большим. Натуральные кожи обладают порами среднего размера, и испарения через них выходят, но влага внутрь не попадает. В белорусских тканях с пористым полиуретановым покрытием удалось добиться микропористости, аналогичной натуральной коже, так что в отличие от прежних заменителей они обладают хорошими гигиеническими свойствами (паро- и воздухопроницаемость, гигроскопичность). Повышенные значения показателей также обусловлены хлопчатобумажной тканью саржевого переплетения в основе материала.

Интенсивность запаха исследуемых образцов не превышает 1 балла, что подтверждает соответствие образцов санитарно-гигиеническим требованиям. Усадка образцов минимальна, а в некоторых случаях отсутствует.

Исследуемые материалы белорусского производства и некоторые образцы импортного обладают удовлетворительными грязеотталкивающими свойствами. Для удаления бытовых загрязнений (чай, кофе, сок и т. д.) поверхность необходимо обрабатывать увлажнённой мягкой тканью, затем протереть насухо. Таким же способом удаляются пыльный налет и грязь.

Белорусские ткани с пористым полиуретановым покрытием превосходят импортные аналоги и близки по эргономическим показателям с натуральными кожами, что обуславливает их преимущество при использовании в качестве материалов одежного назначения второго слоя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бекашева, А. С. (2014). Использование полимерных материалов при создании одежды в индустриальном стиле. *Вестник Казанского технологического университета*, № 16, С. 50–51.
- Бекашева, А. С. (2015). Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу. *Вестник технологического университета*, № 16, С. 134–136.
- Бокова, Е. С. и Андрианова, Г. П. (2008). Полиуретаны в производстве искусственных и синтетических кож. *Полиуретановые технологии*, № 17, С. 105–111.
- Вишневецкая, О. В. (2016). Современные методы нанесения покрытия на текстиль. *Вестник технологического университета*, № 18, С. 69–72.
- Дарханова, А. Т. и Айтуленова, К. Т. (2018). Исследование свойств ассортимента современной искусственной кожи для поясной одежды. *Вестник Алматинского технологического университета*, № 4, С. 24–28.
- Камалова, Э. Р. (2014). Использование новых видов полимеров в производстве искусственных кож. *Вестник Казанского технологического университета*, № 4, С. 101–102.
- Кудринский, С. В. и Тюрин, И. Н. (2022). Исследование свойств и определение состава экоматериалов на основе растительной кожи. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 399, С. 81–85.
- Марущак, Ю. И., Ясинская, Н. Н. и Петюль, И. А. (2023). Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 404, С. 103–111.
- Марущак, Ю. И. и Ясинская, Н. Н. (2023). Влияние многократных стирок на физико-механические свойства экокож. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 46, С. 9–17.
- Никитина, Л. Л. и Гаврилова, О. Е. (2013). Обзор развития и состояния производства искусственных кож для изделий легкой промышленности. *Вестник Казанского технологического университета*, № 21, С. 184–188.
- Орленко, Л. В. и Гаврилова, Н. И. (2009). *Конфекционирование материалов для одежды*. Москва: ИНФРА-М, Российская Федерация.
- Рахматуллина, Г. Р. и Панкова, Е. А. (2022). Инновационные, экологически безопасные технологии получения высококачественных кож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 397, С. 192–196.
- Стельмашенко, В. И. и Розаренова, Т. В. (2019). *Материалы для одежды и конфекционирование*. Москва, Российская Федерация.
- Potočić Matković, V. M. and Skenderi, Z. (2013). Mechanical Properties of Polyurethane Coated Knitted Fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, № 100, pp. 86–91.
- Zhang, Y. and Zhang, Q. (2012). Mechanical properties of polyvinylchloride-coated fabrics processed with Preconstraint (R) technology. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, № 31, pp. 1670–1684.

REFERENCES

- Bekasheva, A. S. (2014). The use of polymer materials when creating clothes in an industrial style [Ispol'zovanie polimernykh materialov pri sozdanii odezhdny v industrial'nom stile]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, № 16, pp. 50–51 (in Russian).
- Bekasheva, A. S. (2015). Characteristics and properties of eco-leather - a material that imitates natural leather [Harakteristiki i svoystva ekokozihi – materiala, imitiruyushchego natural'nuyu kozhu]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Herald of the Technological University*, № 16, pp. 134–136 (in Russian).

Bokova, E. S. and Andrianova, G. P. (2008). Polyurethanes in the production of artificial and synthetic leathers [Poliuretany v proizvodstve iskusstvennyh i sinteticheskikh kozh]. *Poliuretanovye tekhnologii = Polyurethane technologies*, № 17, pp. 105–111 (in Russian).

Vishnevskaya, O. V. (2016). Modern methods of coating textiles [Sovremennyye metody naneseniya pokrytiya na tekstil']. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Technological University*, № 18, pp. 69–72 (in Russian).

Darkhanova, A. T. and Aitulenova, K. T. (2018). Study of the properties of a range of modern artificial leather for waist clothing [Issledovanie svoystv assortimenta sovremennoj iskusstvennoj kozhi dlya poynasnoj odezhdy]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Almaty Technological University*, № 4, pp. 24–28 (in Russian).

Kamalova, E. R. (2014). The use of new types of polymers in the production of artificial leather [Ispol'zovanie novykh vidov polimerov v proizvodstve iskusstvennykh kozh]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, № 4, pp. 101–102 (in Russian).

Kudrinsky, S. V. and Tyurin, I. N. (2022). Study of the properties and determination of the composition of eco-materials based on plant leather [Issledovanie svoystv i opredelenie sostava ekomaterialov na osnove rastitel'noj kozhi]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 399, pp. 81–85 (in Russian).

Marushchak, Yu. I., Yasinskaya, N. N. and Petyul, I. A. (2023). Development of a nomenclature of quality indicators and evaluation of eco-leather properties [Razrabotka nomenklatury pokazatelej kachestva i ocenka svoystv ekokozh]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 404, pp. 103–111 (in Russian).

Marushchak, Yu. I. and Yasinskaya, N. N. (2023). The influence of multiple washings on the physical and mechanical properties of eco-leather [Vliyaniye mnogokratnykh stirok na fiziko-mekhanicheskie svoystva ekokozh]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, № 46, pp. 9–17 (in Russian).

Nikitina, L. L. and Gavrilo, O. E. (2013). Review of the development and state of production of artificial leather for light industry products [Obzor razvitiya i sostoyaniya proizvodstva iskusstvennykh kozh dlya izdelij legkoj promyshlennosti]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, № 21, pp. 184–188 (in Russian).

Orlenko, L. V. and Gavrilo, N. I. (2009). *Konfekcionirovanie materialov dlya odezhdy* [Confectioning of materials for clothing]. Moscow: INFRA-M, Russian Federation (in Russian).

Rakhmatullina, G. R. and Pankova, E. A. (2022). Innovative, environmentally friendly technologies for producing high-quality leather [Innovacionnyye, ekologicheski bezopasnyye tekhnologii polucheniya vysokokachestvennykh kozh]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 397, pp. 192–196 (in Russian).

Stelmashenko, V. I. and Rozarenova, T. V. (2019). *Materialy dlya odezhdy i konfekcionirovanie* [Clothing materials and packaging]. Moscow, Russian Federation (in Russian).

Potočić Matković, V. M. and Skenderi, Z. (2013). Mechanical Properties of Polyurethane Coated Knitted Fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, № 100, pp. 86–91.

Zhang, Y. and Zhang, Q. (2012). Mechanical properties of polyvinylchloride-coated fabrics processed with Precontraint (R) technology. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, № 31, pp. 1670–1684.

Марущак Юлия Игоревна

Аспирант кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: tonk.00@mail.ru

Ясинская Наталья Николаевна

Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yasinskayann@rambler.ru

Yulia I. Maruschak

Postgraduate Student of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: tonk.00@mail.ru

Natallia N. Yasinskaya

Doctor of Science (in Engineering), Chair of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasinskayann@rambler.ru

Оценка паропроницаемости раневых повязок с нановолокнистым покрытием

Д. Б. Рыклин, М. А. Демидова
М. С. Карнилов

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. Актуальность исследований по получению инновационных раневых повязок из биоинертных полимеров методом электроформования обусловлена особенностями их структуры и свойств, таких как возможность имитации структуры внеклеточного матрикса, доставка лекарственных компонентов к раневой поверхности, повышенные сорбционные, кровоостанавливающие и заживляющие свойства. Цель данного исследования – оценка влияния нановолокнистых покрытий разного состава и структуры на паропроницаемость раневых повязок. В статье описано получение образцов раневых повязок с системой трансдермальной доставки лекарств, представляющей собой материал с включением нановолокон из биоинертного полимера, отвечающего за сохранение материалом формы, а также биосовместимого водорастворимого полимера с включенным активным компонентом. В качестве биоинертного полимера для создания внутреннего слоя был выбран полиамид-6, что связано с его химической стабильностью, биосовместимостью, биodeградируемостью, а также приемлемыми механическими свойствами. Внешний слой наработан из биосовместимого, водорастворимого полимера, в роли которого выступал поливиниловый спирт, с добавлением функционального лекарственного компонента.

Нановолокнистые покрытия были получены методом электроформования на установке Fluidnatek LE-50. Оценка структуры образцов проводилась с помощью электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 фирмы Carl Zeiss. Определение паропроницаемости осуществлялось посредством сравнительного испытания проб материалов с помощью анализатора влажности MAC-50 фирмы Radwag, руководствуясь стандартом PN EN ISO 14268:2005. Анализ полученных результатов позволил установить, что паропроницаемость двухслойных нановолокнистых материалов из полиамида-6 и поливинилового спирта зависит от состава и толщины нановолокнистого покрытия. Увеличение толщины покрытия и введение в его состав гидрофобных компонентов сопровождается несущественным снижением паропроницаемости.

Ключевые слова: нановолокна, электроформование, нановолокнистое покрытие, паропроницаемость.

Информация о статье: поступила 11 июня 2024 года.

Evaluation of vapor permeability of wound dressings with nanofiber coating

Dzmitry B. Ryklin, Mariya A. Demidova
Mikhail S. Karnilau

*Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*

Abstract. The relevance of research on obtaining innovative wound dressings from bioinert polymers by electrospinning is associated with the features of their structure and properties, such as the ability to imitate the structure of the extracellular matrix, delivery of active components to the wound surface, increased sorption, hemostatic and healing properties. The aim of this study is to evaluate the effect of nanofibrous coatings of different composition and structure on the vapor permeability of wound dressings. The article describes the production of samples of wound dressings with a transdermal drug delivery system – a material with nanofibers made of a bioinert polymer to maintain the material's shape, as well as a biocompatible polymer with an added active component. Polyamide-6 was chosen as a bioinert polymer for creating the inner layer due to its chemical stability, biocompatibility, biodegradability, and acceptable mechanical properties. The outer layer is made from a biocompatible water-soluble polymer polyvinyl alcohol with the addition of a functional medicinal component. Nanofibrous coatings were produced by electrospinning method using Fluidnatek LE-50. The structure of the samples was assessed using a LEO 1420 scanning electron microscope from Carl Zeiss. Vapor permeability was determined by comparative testing of material samples using a MAC-50 humidity analyzer from Radwag, according to the PN EN ISO 14268:2005 standard. The

analysis of the obtained results allowed us to establish that the vapor permeability of two-layer nanofibrous materials made of polyamide-6 and polyvinyl alcohol depends on the composition and thickness of the nanofibrous coating. Increasing the coating thickness and adding hydrophobic components to its composition leads to an insignificant decrease in vapor permeability.

Keywords: nanofibers, electrospinning, nanofibrous coating, vapor permeability.

Article info: received June 11, 2024.

Введение

Достижения в разработке и изготовлении наноматериалов с заданными свойствами различного назначения в наибольшей степени определяются уровнем развития технологий, которые позволяют получать наноструктурные объекты необходимой конфигурации. В настоящее время перспективы развития в области наноматериалов и нанотехнологий включают в себя целый ряд направлений физики, химии, биологии, электроники, медицины и других сфер деятельности. Основными задачами нанотехнологий являются получение наноматериалов с заданной структурой и свойствами, исследование структуры и свойств наноматериалов в ходе их получения.

Одним из перспективных методов получения наноразмерных материалов является электроформование, суть которого заключается в воздействии электрического поля на раствор полимера. Полученные методом электроформования материалы из нановолокон включаются в композиционные текстильные материалы нового поколения для обеспечения регулируемой водо- и паропроницаемости, антимикробных и противовирусных свойств. Электроформование нановолокон из раствора или расплава полимеров, а также получение на их основе композиционных волоконистых нетканых материалов является прогрессивной технологией настоящего времени [Haider A., Haider S., Kang, 2018; Демидова, Рыклин, 2022]. На данный момент наблюдается устойчивый интерес к применению нановолоконистых материалов, полученных методом электроформования в биоинженерии и медицине для создания изделий санитарно-гигиенического, косметологического и лечебного назначения [Stace et al., 2019; Mehnath et al., 2020].

Особый интерес к производству электроформованных раневых повязок из биоинертных полимеров связан с особенностями их структуры. Раневые повязки играют решающую роль в обеспечении процесса заживления ран, однако их классические образцы обладают заметными недостатками. Так, факторы роста, необходимые для восстановления тканей, подвержены

ферментативному расщеплению и биodeградации, тем самым затрудняя процесс заживления. Доставка биоактивных фармацевтических препаратов и клеточная терапия сталкиваются с такими препятствиями, как побочные эффекты и ограниченная клеточная активность, что снижает их терапевтическую эффективность. Кроме того, хотя гидрофобные повязки эффективно уменьшают адгезию, они могут непреднамеренно содержать бактерии и не обладать способностью поглощать раневой экссудат, следовательно, продлевая процесс заживления [Chen et al., 2022]. Современные раневые повязки, объединяющие традиционные средства с передовыми технологиями, включая гидрогели, наночастицы, мицеллы, микросферы, губки, каркасы, пленки и электроформованные нановолокна, становятся все более популярными в области тканевой инженерии и заживления ран [Ren et al., 2020].

Нановолокнистые материалы, как лечебное средство, применяются в качестве различных повязок, в которых они выполняют как защитные, так и лечебные функции при повреждениях, например, кожного покрова [Chagas et al., 2021; Su et al., 2021; Hermenegildo et al., 2022]. При этом в таких изделиях могут сочетаться слои: активный (биodeградирующий), непосредственно контактирующий с повреждением и обладающий сорбционными, кровоостанавливающими и заживляющими свойствами, и защитный (биоинертный), обеспечивающий стерильные условия и свободный обмен с окружающей атмосферой. Нановолокнистые повязки способны препятствовать попаданию в рану микроорганизмов извне, а также позволяют проводить лечение без повреждения тканей. Гистологические исследования показали, что при использовании нановолокнистых повязок, полученных способом электроформования, скорость восстановления эпителия на поврежденной поверхности увеличивается, а образование рубцов на коже сокращается [Agawal, Wendorff, Greiner, 2008].

В последнее время требования к материалам, применяемым в медицине для получения раневых повязок

и пластырей на основе нановолокон, становятся все более высокими. Они должны совмещать в себе такие свойства, как биосовместимость, биodeградируемость, а также приемлемые механические свойства. Этим требованиям соответствуют синтетические биodeградируемые полимеры, наиболее распространенными представителями которых являются поликапролактон, полигликолевая кислота, полимолочная кислота, полиэтилентерефталат и полиамид [Z. Gao et al., 2021; Pillai et al., 2021].

При этом важным вопросом при оценке получаемого нановолокнистого материала на пригодность и эффективность использования в качестве раневого материала являются его санитарно-гигиенические свойства, среди которых можно выделить отсутствие вредных примесей, паро- и водонепроницаемость, отсутствие создания среды, способствующей развитию болезнетворных бактерий, стойкость к воздействию биологических жидкостей и другие.

Обязательными свойствами для пленочных раневых покрытий являются: непроницаемость для микроорганизмов; проницаемость для водяного пара; проницаемость для кислорода. Проницаемость для водяного пара является крайне важным свойством, так как скапливающийся под пленкой избыток раневого экссудата мацерирует окружающую кожу и разрыхляет эпидермис, который теряет свои защитные свойства по отношению к микроорганизмам, находящимся в глубине волосяных фолликулов, сальных и потовых желез. Это приводит к развитию контактного дерматита [Д. Ю. Андреев, Б. А. Парамонов, А. М. Мухтарова, 2009].

Так, учеными было установлено, что скорость испарения воды с поверхности сухой здоровой кожи человека в спокойном состоянии составляет $144 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ ($0,6 \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$) [J.S. Surinchac, 1985], для поверхности ожоговой раны данный показатель может достигать $3400\text{--}5200 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ ($14,17\text{--}21,67 \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$) [R. Bryant, 1992].

Производство волокнистых материалов из биосовместимых и биodeградируемых полимеров открывает широкие перспективы для их использования в медицине при создании перевязочных средств, заменителей тканей, систем контролируемой доставки лекарственных средств. Одним из направлений при этом выступает создание раневых повязок с системой трансдермальной доставки лекарств. Данная система представляет собой материал с включением нановолокон из двух

видов полимеров:

- биоинертного полимера, отвечающего за сохранение материалом формы;
- биосовместимого водорастворимого полимера с включенным активным компонентом.

При попадании на кожу происходит активизация трансдермальной системы доставки лекарственного компонента: водорастворимые нановолокна вступают в контакт с естественной влагой кожи, начиная растворяться и высвобождать включенный в них лекарственный компонент, в то время как биоинертные нерастворимые нановолокна позволяют раневому покрытию сохранять форму и не терять эксплуатационных характеристик.

В связи с этим, целью исследования стала оценка влияния нановолокнистых покрытий разного состава и структуры на паропроницаемость раневых повязок.

Для проведения исследований в качестве материалов для трансдермальной доставки лекарств методом электроформования были получены различные образцы с двухслойными нановолокнистыми покрытиями. При этом внутренний слой покрытий, наносимый непосредственно на подложку, вырабатывался из биоинертного полимера, в качестве которого был выбран полиамид, а внешний – из биосовместимого, водорастворимого полимера, в роли которого выступал поливиниловый спирт с добавлением функционального компонента – глицерина.

Полиамид-6 (ПА-6) – представляет собой продукт анионной полимеризации капролактама, проводимой непосредственно в форме в присутствии щелочных катализаторов и активаторов. ПА-6 отлично поглощает ударные нагрузки, имеет малый коэффициент трения и абразивный износ, химически стоек, имеет высокие диэлектрические параметры. Данный полимер является нерастворимым и биоинертным, в связи с чем широко используется в медицине как нерассасывающийся шовный материал, так как обладает высокой устойчивостью к биodeградации. Как правило, он применяется в специализированных отраслях хирургии (сосудистая хирургия, кардиохирургия, нейрохирургия, офтальмология), требующих прецизионной техники наложения шва [Бонцевич, 2005]. Конструкции из полиамида применяются в стоматологии при протезировании челюсти [Шулятникова и др., 2012].

Известно, что нановолокнистые материалы из полиамида-6 используются в качестве матриц для переноса

лекарственных компонентов и субстанций, поскольку способны имитировать структуру естественного внеклеточного матрикса, способствуют адгезии клеток, пролиферации и регенерации, одновременно облегчая транспорт питательных веществ и ангиогенез, а также обладают хорошей совместимостью с различными антибактериальными веществами. Полиамид-6 отличается высокой механической прочностью и стабильностью, в связи с чем активно используется в биомедицине, в том числе для создания раневых повязок и покрытий [Mouseli et. al., 2024].

В свою очередь, поливиниловый спирт (ПВС) обладает биосовместимостью, не оказывает токсической нагрузки на организм пациента и не вызывает иммунного ответа, обладает специфическим характером и скоростью растворения, способен выводиться из организма пациента и не накапливается в тканях и органах. Благодаря нетоксичности ПВС может применяться в медицине в качестве клеев, пластырей, стерильных салфеток, хирургических нитей, фармацевтических препаратов, для изготовления плазмозаменяющих растворов¹. ПВС является водорастворимым полимером, в связи с чем широко применяется в инновационной медицине для получения нановолокнистых материалов с высокой скоростью растворения.

В качестве функционального компонента, добавленного в нановолокно, может выступать глицерин. Известно, что глицерин – один из важных компонентов в медицине. Его можно назвать одним из самых дешевых увлажняющих средств. Он входит в состав многих кремов, мазей, мыла. Глицерин выполняет защитную функцию, так как сохраняет влагу в клетках кожи. В медицине его используют в качестве антисептика при комплексном лечении многих заболеваний, особенно кожных (способствует заживлению ран, препятствует заражению и гноению)². Водопоглощающий эффект провоцирует дегидратацию и гибель болезнетворных бактерий. Глицерин в медицине является эффективным растворителем таких химических веществ как йод, фенол, тимол, бром³. При производстве нановолокнистых материалов глицерин играет роль пластификатора, повышает их эластичность.

Методы и средства исследований

С целью определения влияния структуры и состава нановолокнистого покрытия на показатель паропрооницаемости была осуществлена наработка 6 образцов материалов, характеристика покрытий которых представлена в таблице 1.

Выбор параметров процесса наработки образцов был обусловлен тем, что одной из задач исследования являлась оценка влияния толщины нановолокнистого покрытия, а также сочетания в нем гидрофильных и гидрофобных слоев на воздухопроницаемость получаемого материала.

Для получения нановолокнистых покрытий использовалась установка Fluidnatek LE-50, на которой формовочный раствор с помощью насоса по капилляру поступает в заданном количестве к прядильной головке, имеющей положительный потенциал, а далее – через отверстие в игле в зону электроформования. Нановолокна наносятся на подложку, закрепленную на барабане, который имеет отрицательный потенциал.

В качестве подложки для проведения электроформования использовался нетканый материал спанлейс, отличительными свойствами которого являются гигроскопичность, высокая степень воздухопроницаемости, безворсовая структура, гипоаллергенность, прочность и эластичность. Поверхностная плотность спанлейса составляет 45 г/м², данный материал состоит из волокон вискозы в смеси с полиэфирными волокнами и имеет характерную сетчатую структуру (рисунок 1).

Определение паропрооницаемости осуществлялось посредством сравнительного испытания проб материалов с помощью анализатора влажности MAC-50 фирмы Radwag (Польша), руководствуясь стандартом PN EN ISO 14268:2005. Для проведения исследований формировались пробы в виде диска диаметром 55 мм, которые предварительно в течение суток выдерживались в кондиционных условиях, после чего помещались в комплект Sampler 2000 анализатора влажности. Испытание осуществляется в течение 1 часа при температуре 40 °С. Данное значение температуры имитирует температуру на раневой поверхности тела человека.

¹ URL: <https://mplast.by/encyklopedia/fiziologicheski-aktivnyie-polimeryi/> (дата обращения 01.02.2024).

² URL: <https://www.sardiko.ru/articles/primenenie-polivinilovogo-spirta-v-medicine/> (дата обращения 01.02.2024).

³ URL: <https://himya.ru/glicerin.html> (дата обращения 01.02.2024).

Таблица 1 – Характеристика нановолокнистых покрытий

Table 1 – Characteristics of nanofiber webs

№ образца	Структура	Состав слоев покрытия	Время нанесения, мин.	Расход прядильного раствора, г/ч
1	Однослойное покрытие	ПА-6 – 15%, муравьиная кислота – 85 %	15	0,2
2	Двухслойное покрытие	ПА-6 – 15%, муравьиная кислота – 85 %	15	0,2
		ПВС – 14 %, вода – 86 %	60	1,1
3	Двухслойное покрытие	ПА-6 – 15%, муравьиная кислота – 85 %	15	0,2
		ПВС – 14 %, глицерин – 8, вода – 78 %	50	1,3
4	Однослойное покрытие	ПА-6 – 15%, муравьиная кислота – 85 %	6	0,2
5	Двухслойное покрытие	ПА-6 – 15%, вода – 85 %	6	0,2
		ПВС – 14 %, вода – 86 %	30	1,1
6	Двухслойное покрытие	ПА-6 – 15%, муравьиная кислота – 85 %	6	0,2
		ПВС – 14 %, глицерин – 8, вода – 78 %	25	1,3

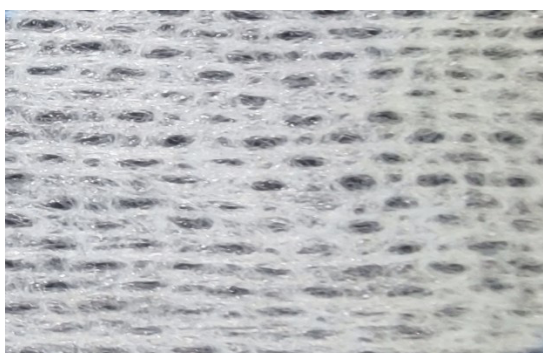


Рисунок 1 – Структура материала спанлейс

Figure 1 – Spunlace structure

Показатель паропроницаемости P (мг/см²·ч) определяется по следующей формуле:

$$P = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10^3}{S \cdot t}, \quad (1)$$

где m_1 – масса комплекта Sampler 2000 с пробой до испытания, г; m_2 – масса комплекта Sampler 2000 с пробой после испытания, г; S – рабочая площадь поверхности пробы, см²; t – время испытания, ч.

Результаты исследований

Изображения структуры образцов 1 и 3, полученные с помощью электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия) при различном увеличении, представлены на рисунках 2 и 3.

Анализ полученных изображений позволил установить, что средний диаметр нановолокон ПА-6 составил 174 нм, коэффициент вариации нановолокон по диаметру – 13,3 %. Полученный нановолокнистый материал отличался плотностью нанесения покрытия, равномерностью и гладкостью, отсутствием видимых дефектов. Нановолокнистое покрытие, полученное из ПВС с добавлением глицерина отличалось равномерностью, нанесение покрытия было плотным, без образования дефектов. Средний диаметр нановолокон составил 197,76 нм, коэффициент вариации нановолокон по диаметру – 20 %.

На рисунке 4 представлена динамика изменения массы комплекта Sampler 2000 с испытуемыми пробами в течение 60 минут.

Полученные значения паропроницаемости нетканой подложки и полученных образцов материалов с нановолокнистыми покрытиями по результатам испытаний на анализаторе влажности MAC-50 представлены в таблице 2.

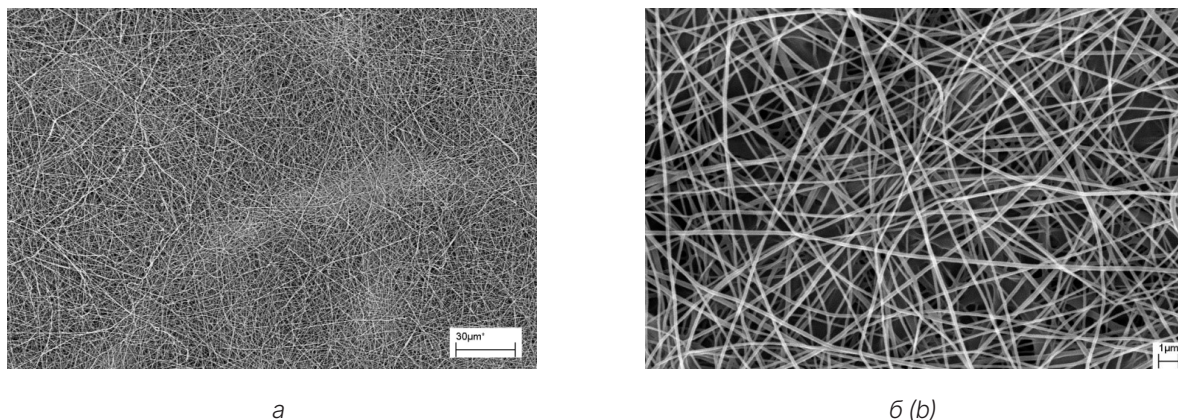


Рисунок 2 – Изображение структуры нановолокнистого покрытия, выработанного из раствора ПА-6 (образец 1): а) $\times 1000$; б) $\times 10000$
 Figure 2 – Image of the structure of a nanofibrous coating produced of the PA-6 solution (sample 1): a) $\times 1000$; б) $\times 10000$

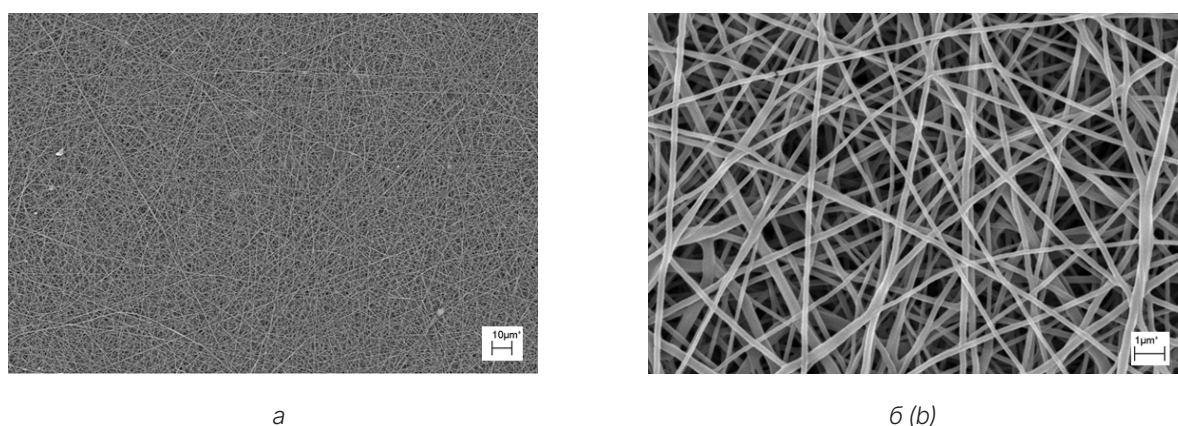


Рисунок 3 – Изображение структуры нановолокнистого покрытия, выработанного из раствора ПВС с добавлением глицерина (внешний слой образца 3): а) $\times 1000$; б) $\times 10000$
 Figure 3 – Image of the structure of a nanofibrous coating produced of the PVA solution with glycerin adding (upper layer of the sample 3): a) $\times 1000$; б) $\times 10000$

Полученные значения паропроницаемости нетканой подложки и полученных образцов материалов с нановолокнистыми покрытиями по результатам испытаний на анализаторе влажности MAC-50 представлены в таблице 2.

Анализ полученных результатов

В результате проведенного эксперимента установлено, что происходит равномерное испарение воды во всех исследованных образцах. Материалы равномерно

пропускают пары на протяжении всего испытания. Паропроницаемость материала спанлейс, выступавшего в роли подложки, составляет $14,16 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{ч}$, что является наибольшим значением для всех испытанных образцов. При нанесении на подложку слоя из биоинертного полимера ПА-6 в течение 15 минут паропроницаемость материала снижается на 5,08 %. Данный факт объясняется тем, что нановолокнистое покрытие представляет собой сетчатую структуру с шириной пор от 0,1 до

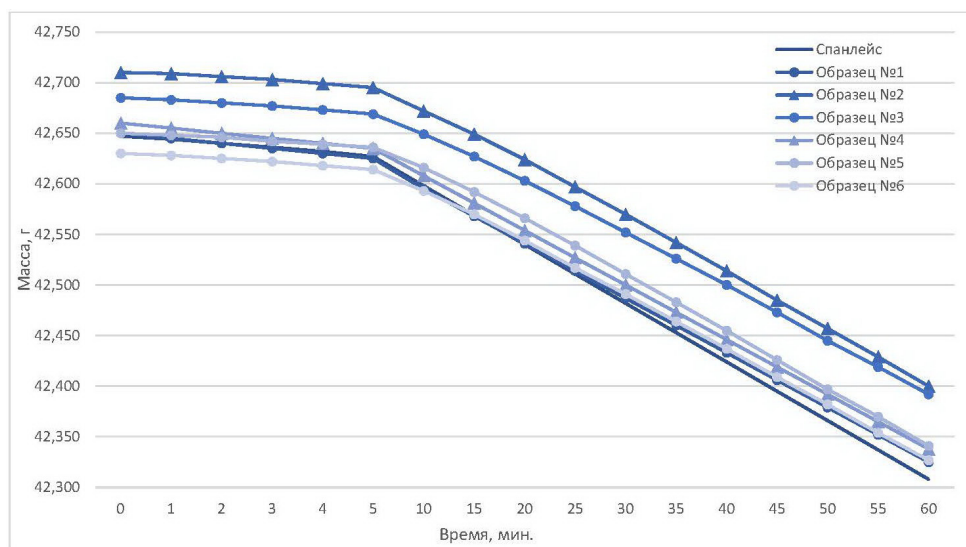


Рисунок 4 – Динамика изменения массы комплекта Sampler 2000 в процессе проведения эксперимента
Figure 4 – Dynamics of the Sampler 2000 mass changes during the experiment

Таблица 2 – Паропроницаемость исследованных образцов материалов
Table 2 – Vapor permeability test results

Исследуемый материал		Паропроницаемость, мг/см ² ·ч
Спанлейс		14,16
Образцы с нановолокнистыми покрытиями	Образец 1	13,44
	Образец 2	12,97
	Образец 3	12,42
	Образец 4	13,85
	Образец 5	13,01
	Образец 6	12,71

1,5 мкм, затрудняющую прохождение водяных паров. При сокращении времени нанесения покрытия в 2,5 раза приблизительно пропорционально уменьшается и падение его паропроницаемости.

При нанесении последующего слоя, содержащего ПВС (образец 2), паропроницаемость нановолокнистого материала снижается на 3,5 % по сравнению с образцом 2, что в первую очередь связано с увеличением толщины покрытия. Кроме того, ПВС, являясь водорастворимым полимером, при контакте с влагой начинает растворяться, постепенно заполняя поры между волокнами из по-

лиаида, что также оказывает влияние на прохождение водяных паров через покрытие.

Наименьшей паропроницаемостью обладает двухслойный образец 3, первый слой которого получен из ПА-6, а второй из – раствора ПВС с добавлением глицерина. Гигроскопичность глицерина, включенного в нановолокно ПВС, снижает паропроницаемость полученного образца на 4,2 % по сравнению с двухслойным материалом (образец 2), наработанным без данного компонента.

Так же сокращение времени нанесения растворимого слоя и, как следствие, его толщины, непосредственно

влияет и на показатели паропроницаемости. Так, для сравнения, показатель паропроницаемости у образца 6 оказался выше на 2,34 % по сравнению с образцом 3 того же состава.

Как уже было упомянуто ранее, паропроницаемость раневых повязок должна быть не менее 0,6 мг/см²·ч – для всех исследованных нановолокнистых материалов данный показатель существенно превышает необходимые значения, что свидетельствует о том, что данные нановолокнистые материалы обеспечивают благоприятную для лечения среду на раневой поверхности. Включенный в нановолокно из ПВС активный компонент глицерин при попадании на рану начинает высвобождаться согласно принципу трансдермальной доставки, а установленная в ходе исследований паропроницаемость материала позволяет обеспечить свободный влагообмен с окружающей средой.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что паропроницаемость материалов зависит от состава и толщины нановолокнистого покрытия. Увеличение толщины покрытия и введение в его состав гидрофобных компонентов сопровождается снижением паропроницаемости. Однако изменение данного показателя незначительно.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании раневых повязок с нановолокнистыми покрытиями, выборе основы для нанесения материала, состава прядильного раствора и режимов процесса электроформования.

Разработанный двухслойный нановолокнистый материал из ПА-6 и ПВС с добавлением глицерина обладает достаточной паропроницаемостью и может быть использован для создания раневых повязок и пластырей с механизмом трансдермальной доставки лекарств для применения в медицине и косметологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бонцевич, Д. Н. (2005). Хирургический шовный материал. *Проблемы здоровья и экологии*, том № 3(5), с. 43–48.
- Демидова, М. А. и Рыклин, Д. Б. (2022). Технология получения наноструктурных изделий из электроформованных нетканых материалов. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, том № 2 (43), с. 19–32.
- Шулятникова, О. А., Рогожников, Г. И., Леонова, Л. Е. и Рогожников, А. Г. (2012). Биомеханическое обоснование возможности использования полиамидного конструкционного материала для изготовления сложночелюстных протезов. *Проблемы стоматологии*, том № 13(3), с. 85–88.
- Agawal, S., Wendorff, H. and Greiner, A. (2008). Use of electrospinning technique for biomedical applications. *Polymer*, vol. 49, pp. 5603–5621.
- Bryant, R. (1992). *Acute and chronic wounds: nursing management*. St. Louis: Mosby, Year Book Inc., USA.
- Chagas, P. A. M., Schneider, R., Santos, D. M., Otuka, A. J. G., Mendoca, C. R. and Correa, D. S. (2021). Bilayered electrospun membranes composed of poly(lactic-acid)/natural rubber: A strategy against curcumin photodegradation for wound dressing application. *Reactive and Functional Polymers*, vol. 163, art. 104889.
- Chen, K., Hu, H., Zeng, Y., Pan, H., Wang, S., Zhang, Y., Shi, L., Tan, G., Pan, W. and Liu, H. (2022). Recent advances in electrospun nanofibers for wound dressing. *European Polymer Journal*, vol. 178, art. 111490.
- Gao, Z., Su, C., Wang, C., Zhang, Y., Wang, C., Yan, H. and Hou, G. (2021). Antibacterial and hemostatic bilayered electrospun nanofibrous wound dressings based on quaternized silicone and quaternized chitosan for wound healing. *European Polymer Journal*, vol. 159, art. 110733.
- Haider, A., Haider, S. and Kang, I. K. (2018). A comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 11, pp. 1165–1188.
- Hermenegildo, B., Ribeiro, C., Perinka, N., Martins, P., Trchova, M., Hajna, M., Stejskal, J. and Lanceros-Mendez, S. (2022). Electroactive poly(vinylidene fluoride) electrospun fiber mats coated with polyaniline and polypyrrole for tissue regeneration

applications. *Reactive and Functional Polymers*, vol. 170, art. 105118.

Mehnath, S., Chitra, K., Karthikeyan, K. and Jeyaraj, M. (2020). Localized delivery of active targeting micelles from nanofibers patch for effective breast cancer therapy. *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 584, art. 119412.

Mouseli, S., Natouri, O., Seghinsara, A. M. and Ghorbani, M. (2024). Physicochemical and biological characterization of propolis-loaded composite polyamide-6/soybean protein nanofibers for wound healing applications. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 694, art. 134172.

Pillai, M. M., Dandia, H., Checker, R., Rokade, S., Sharma, D. and Tayalia, P. (2021). Novel combination of bioactive agents in bilayered dermal patches provides superior wound healing. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, art. 102495.

Ren, Y., Huang, L., Wang, Y., Mei, L., Fan, R., He, M., Wang, C., Tong, A., Chen, H. and Guo, G. (2020). Stereocomplexed electrospun nanofibers containing poly [lactic acid] modified quaternized chitosan for wound healing. *Carbohydrate Polymers*, vol. 247, art. 116754.

Stace, E. T., Mouthuy, P. A., Carr, A. J. and Ye H. C. (2019). Biomaterials: Electrospinning. *Comprehensive Biotechnology (Third Edition)*, vol. 5, pp. 424–441.

Su, S., Bedir, T., Kalkandelen, C., Başar, A. O., Şaşmazel, H. T., Ustundag, C. B., Sengor, M. and Gunduz, O. (2021). Coaxial and emulsion electrospinning of extracted hyaluronic acid and keratin based nanofibers for wound healing applications. *European Polymer Journal*, vol. 142, art. 110158.

Surinchac, J. S. (1985) Skin wound healing determined by water loss. *J. Surg. Res*, vol. 38, № 4, pp. 258–262.

REFERENCES

Boncevich, D. N. (2005). Surgical suture material [Hirurgicheskij shovnyj material]. *Problemy zdorov'ya i ekologii = Problems of health and ecology*, vol. 5, № 3, pp. 43–48 (In Russian).

Demidova, M. A. and Ryklin, D. B. (2022). Technology for producing nanostructured products of electrospun nonwovens [Tekhnologiya polucheniya nanostrukturnyh izdelij iz elektroformovannyh netkanyh materialov]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State technological University*, vol. 43, № 2, pp. 19–32 (In Russian).

Shulyatnikova, O. A., Rogozhnikov, G. I., Leonova, L. E. and Rogozhnikov A. G. (2012). Biomechanical substantiation of the possibility of using polyamide structural material for the manufacture of complex jaw prostheses [Biomekhanicheskoe obosnovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya poliamidnogo konstrukcionnogo materiala dlya izgotovleniya slozhnochelyustnyh protezov]. *Problemy stomatologii = Problems of dentistry*, vol. 13, № 3, pp. 85–88 (In Russian).

Agawal, S., Wendorff, H. and Greiner, A. (2008). Use of electrospinning technique for biomedical applications. *Polymer*, vol. 49, pp. 5603–5621.

Bryant, R. (1992). *Acute and chronic wounds: nursing management*. St. Louis: Mosby, Year Book Inc., USA.

Chagas, P. A. M., Schneider, R., Santos, D. M., Otuka, A. J. G., Mendoca, C. R. and Correa, D. S. (2021). Bilayered electrospun membranes composed of poly(lactic-acid)/natural rubber: A strategy against curcumin photodegradation for wound dressing application. *Reactive and Functional Polymers*, vol. 163, art. 104889.

Chen, K., Hu, H., Zeng, Y., Pan, H., Wang, S., Zhang, Y., Shi, L., Tan, G., Pan, W. and Liu, H. (2022). Recent advances in electrospun nanofibers for wound dressing. *European Polymer Journal*, vol. 178, art. 111490.

Gao, Z., Su, C., Wang, C., Zhang, Y., Wang, C., Yan, H. and Hou, G. (2021). Antibacterial and hemostatic bilayered electrospun nanofibrous wound dressings based on quaternized silicone and quaternized chitosan for wound healing. *European Polymer Journal*, vol. 159, art. 110733.

Haider, A., Haider, S. and Kang, I. K. (2018). A comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 11, pp. 1165–1188.

Hermenegildo, B., Ribeiro, C., Perinka, N., Martins, P., Trchova, M., Hajna, M., Stejskal, J. and Lanceros-Mendez, S. (2022). Electroactive poly(vinylidene fluoride) electrospun fiber mats coated with polyaniline and polypyrrole for tissue regeneration applications. *Reactive and Functional Polymers*, vol. 170, art. 105118.

Mehnath, S., Chitra, K., Karthikeyan, K. and Jeyaraj, M. (2020). Localized delivery of active targeting micelles from nanofibers patch for effective breast cancer therapy. *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 584, art. 119412.

Mouseli, S., Natouri, O., Seghinsara, A. M. and Ghorbani, M. (2024). Physicochemical and biological characterization of propolis-loaded composite polyamide-6/soybean protein nanofibers for wound healing applications. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 694, art 134172.

Pillai, M. M., Dandia, H., Checker, R., Rokade, S., Sharma, D. and Tayalia, P. (2021). Novel combination of bioactive agents in bilayered dermal patches provides superior wound healing. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, art. 102495.

Ren, Y., Huang, L., Wang, Y., Mei, L., Fan, R., He, M., Wang, C., Tong, A., Chen, H. and Guo, G. (2020). Stereocomplexed electrospun nanofibers containing poly (lactic acid) modified quaternized chitosan for wound healing. *Carbohydrate Polymers*, vol. 247, art. 116754.

Stace, E. T., Mouthuy, P. A., Carr, A. J. and Ye H. C. (2019). Biomaterials: Electrospinning. *Comprehensive Biotechnology (Third Edition)*, vol. 5, pp. 424–441.

Su, S., Bedir, T., Kalkandelen, C., Başar, A. O., Şaşmazel, H. T., Ustundag, C. B., Sengor, M. and Gunduz, O. (2021). Coaxial and emulsion electrospinning of extracted hyaluronic acid and keratin based nanofibers for wound healing applications. *European Polymer Journal*, vol. 142, art. 110158.

Surinchnac, J. S. (1985). Skin wound healing determined by water loss. *J. Surg. Res*, vol. 38, № 4, pp. 258–262.

Информация об авторах

Information about the authors

Рыклин Дмитрий Борисович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: ryklin-db@mail.ru

Демидова Мария Александровна

Кандидат технических наук, ассистент кафедры «Маркетинг и финансы», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: demidova.mariya00@gmail.com

Карнилов Михаил Сергеевич

Аспирант кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: alphamiha@mail.ru

Dzmitry B. Ryklin

Doctor of Science (in Engineering), Professor, Chair of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: ryklin-db@mail.ru

Mariya A. Demidova

Candidate of Science (in Engineering), Assistant of the Department "Marketing and Finance", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: demidova.mariya00@gmail.com

Mikhail S. Karnilau

Postgraduate Student of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: alphamiha@mail.ru

Комплексная оценка свойств влагозащитных материалов для специальной одежды

Е. И. Ивашко

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. Длительное воздействие воды негативно сказывается на здоровье человека, приводит к различным заболеваниям и снижает производительность труда. Одну из главных ролей в обеспечении водозащитных свойств изделий играют материалы, из которых эти изделия изготовлены. Придание текстильным материалам особых свойств достигается путем их специальной отделки. Каждый вид такой отделки служит для улучшения конкретного потребительского свойства. Наиболее распространенными способами придания водозащитных свойств являются – водоотталкивающая пропитка и нанесение покрытия. Ассортимент современных влагозащитных материалов позволяет производителям одежды значительно облегчить пакет материалов, сохранив при этом комфортный микроклимат в пододежном пространстве и высокую степень защиты от неблагоприятных погодных условий.

Целью работы является оценка свойств влагозащитных материалов для изготовления специальной одежды с помощью методики комплексной оценки, позволяющей определить качество материалов на этапе входного контроля и отличающейся от известных тем, что обеспечивает выбор наиболее пригодного материала для выполнения защитной функции изделия.

На основании действующих технических нормативных правовых актов и анализа литературных источников были отобраны единичные показатели качества. Для определения их весомости применяли экспертный метод, который основан на присвоении рангов единичным показателям. Для определения показателей качества использовали как стандартные методики, так и авторские, исключающие недочёты стандартных. В качестве объектов исследования были выбраны влагозащитные материалы, имеющие тканую основу из полиэфирных нитей, выполненную полотняным переплетением и содержащие в своей структуре мембранный слой, выполненный из полиэфируретана с различными добавками.

В ходе исследования установлена эффективность применения методики комплексной оценки свойств влагозащитных материалов схожих структур и сырьевого состава для выбора образца с максимальной степенью защиты.

Ключевые слова: влагозащитные материалы, комплексная оценка, водонепроницаемость, паропроницаемость, методики, специальная одежда.

Информация о статье: поступила 12 июня 2024 года.

Comprehensive assessment of properties of waterproof materials for special clothing

Katsiaryna I. Ivashko

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. Prolonged exposure to water negatively affects human health, leads to various diseases and reduces labor productivity. One of the main roles in ensuring waterproof properties of products is played by the materials from which these products are made. The acquisition of special properties by textile materials is achieved through the special finishing. Each type of such finishing serves to improve a specific consumer property. The most common ways of imparting waterproof properties are water-repellent impregnation and coating. The range of modern waterproof materials allows clothing manufacturers to significantly ease the package of materials while maintaining a comfortable microclimate in the undergarment space and a high degree of protection from unfavorable weather conditions.

The aim of the work is to evaluate the properties of moisture-protective materials for the manufacture of special clothing using a comprehensive assessment methodology, which makes it possible to determine the quality of materials at the stage of incoming inspection. The method differs in that it ensures the selection of the most suitable material to perform the protective function of the product.

Based on the current technical regulations and analysis of literature sources, the single quality indicators were selected. To determine the weight of the indicators, an expert method was used, which is based on assigning ranks to individual indicators. To determine the quality indicators we used both standard methods and author's methods that exclude the shortcomings of standard ones. As objects of the study were chosen moisture-protective materials having a woven base of polyester yarns, made by plain weave and containing in its structure a membrane layer made of polyetherurethane with various additives.

In the course of the study, the effectiveness of application of the methodology of complex evaluation of properties of moisture-protective materials of similar structures and raw material composition for selecting a sample with the maximum degree of protection was established.

Keywords: waterproof materials, comprehensive assessment, waterproof, vapor permeability, methods, special clothing.

Article info: received June 12, 2024.

Введение

Защитные швейные изделия широко используются в быту, но особую важность они имеют для людей в профессиональной деятельности [Метелёва, 2013]. Для изготовления специальной одежды используют материалы, обеспечивающие защиту человека от внешних воздействий. Как правило, такие материалы имеют специальную отделку, которая придаёт им особые свойства. Каждый вид такой отделки служит для улучшения конкретного, наиболее важного потребительского свойства [Md. Iusuf Khan et al., 2020; Md. Iusuf Khan et al., 2019; Nnamdi C. Iheaturu et al., 2019]. Наиболее распространёнными способами придания водозащитных свойств являются – водоотталкивающая пропитка и нанесение покрытия [Muhammad Zahid et al., 2017; Lomax, G. R., 1990; Williams, J., 2017; Sen, A. K., 2008]. В своих работах Метелёва О. В. описывает два способа придания материалам защитных свойств: нанесение на поверхность ткани сплошной пленки гидрофобных веществ и обработка поверхности отдельных волокон и нитей. Пропитка осуществляется путем покрытия поверхности волокон гидрофобными веществами, которые проникая в поры волокон, закрепляются на нем и препятствуют проникновению воды внутрь волокна. Нанесение покрытия осуществляется посредством блокирования активных группировок гидрофильных волокон и заполнения воздушной прослойки между волокнами и нитями материала [Метелёва, 2013]. Среди текстильных материалов, обладающих высоким уровнем водозащитных свойств, выделяют влагозащитные материалы, имеющие в своём

составе мембранный полимерный слой, которые превосходят другие по способности выдерживать высокое гидростатическое давление.

Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ) является одной из обязанностей нанимателя в создании безопасных условий труда. В связи с этим к данной группе товаров предъявляются особые требования законодательных и нормативных актов для предотвращения или уменьшения до допустимых уровней воздействие на работника опасных и вредных производственных факторов.

В Республике Беларусь в области применения специальной одежды действуют законы, инструкции, перечни, стандарты, отраслевые нормы. Обязательным к применению является Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»¹, устанавливающий требования обязательных технических характеристик к СИЗ. В отношении влагозащитных материалов ТР ТС 019/2011 регламентирует требования по показателям: разрывная нагрузка по основе и утку, стойкость к истиранию, водонепроницаемость. В регламенте не установлены требования к паропроницаемости, но на основании анализа литературных источников [Mukhopadhyay, A. A. & Midha, V. K., 2008; Jeong, W. Y. & An, S. K., 2001; Буркин, А. Н. и Панкевич, Д. К., 2020] очевидно, что для влагозащитных материалов он является значимым и должен быть включен в перечень проверяемых при оценке качества материалов, поскольку отвечает за комфортные условия эксплуатации и отвод из пододежного пространства влаги.

¹ ТР ТС 019/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (с изменениями на 27 ноября 2019 года) – принят решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года.

Выпуск швейных изделий высокого качества зависит от правильного выбора материалов для их изготовления. Существующие подходы в оценке свойств материалов с покрытием позволяют оценить единичные показатели, при этом возникает сложность в комплексной оценке одновременно всех свойств, особенно если речь идёт о сравнительном анализе образцов материалов специального назначения. Таким образом, целью работы является оценка свойств влагозащитных материалов для изготовления специальной одежды с помощью методики комплексной оценки, позволяющей определить качество материалов на этапе входного контроля и отличающейся от известных тем, что обеспечивает выбор наиболее пригодного материала для выполнения защитной функции изделия.

В основу предлагаемой методики комплексной оценки была заложена совокупность основных значимых показателей, отражающих способность обеспечивать защиту от внешних факторов воздействия и пригодность материала к использованию по назначению. Уникальность методики заключается в использовании при оценки единичных показателей помимо стандартных методов, которые используются в известных методиках (Добровольска Т. А. и Маслова А. А., 2021; Курденкова А. В. и Буланов Я. И., 2021; Фаткуллина Р. Р., Аракелян И. А. и Хабибуллин Р. Ф., 2012) ещё и авторские методики определения свойств, исключая недочёты стандартных (Панкевич Д. К., Буркин А. Н. и Ивашко Е. И., 2020; Ивашко Е. И. и Буркин А. Н., 2023).

Объекты исследований

В качестве объектов исследования были выбраны влагозащитные материалы BW17-086 (Корея), N-0927A (Китай), Кл80304 (Россия) и ПЛЛАМ (Беларусь), имеющие

тканую основу из полиэфирных нитей, выполненную плотняным переплетением и содержащие в своей структуре мембранный слой, выполненный из полиэфируретана с различными добавками.

Характеристика исследуемых образцов представлена в таблице 1.

Методы и средства исследований

Для определения разрывной нагрузки исследуемых материалов применяли стандартную методику, описанную в ГОСТ 3813-72 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении»² и использовали разрывную машину типа РТ-250.

На приборе ДИТ-М по методике, описанной в ГОСТ 18976-73 «Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию»³, устанавливали стойкость влагозащитных материалов к истиранию по плоскости, которая характеризуется числом циклов вращения головки прибора, выдерживаемых до разрушения материала.

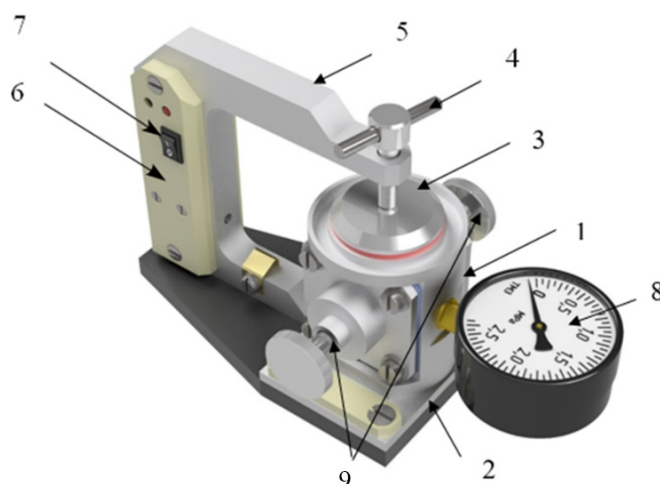
Существующая нормативная и приборная база в настоящее время не позволяет качественно оценить уровень водозащитных свойств влагозащитных материалов, поэтому в качестве альтернативной методики определения водонепроницаемости материалов, исключая недочёты стандартных методик (Буркин А. Н. и Панкевич Д. К., 2020; Панкевич Д. К., Буркин А. Н. и Леонов В. В., 2022; Буркин А. Н., Махонь А. Н. и Панкевич Д. К., 2019), была использована методика определения уровня водонепроницаемости материалов с помощью прибора для оценки водозащитных свойств методом гидростатического давления (Буркин А. Н. и др., 2021), который представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Характеристика исследуемых образцов
Table 1 – Characteristics of the studied samples

Артикул	BW17-086	N-0927A	Кл80304	ПЛЛАМ
Поверхностная плотность, г/м ²	130	160	140	134
Число нитей на 10 см по основе/по утку	532/448	750/550	558/412	504/346
Толщина, мм	0,21	0,23	0,15	0,19

² Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении: ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82). – Введ. 01.01.1973. – Минск: Госстандарт, 2018. – 20 с.

³ Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию: ГОСТ 18976-73. – Введ. 01.07.1977. – Минск: Госстандарт, 2012. – 4 с.



1 – измерительная ячейка (корпус); 2 – диэлектрическая пластина; 3 – крышка с резиновой накладкой и встроенным датчиком воды; 4 – ручка зажима образца; 5 – стойка; 6 – светозвуковой индикатор промокания; 7 – переключатель; 8 – манометр; 9 – ручки регулировки давления

Рисунок 1 – Внешний вид прибора для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления

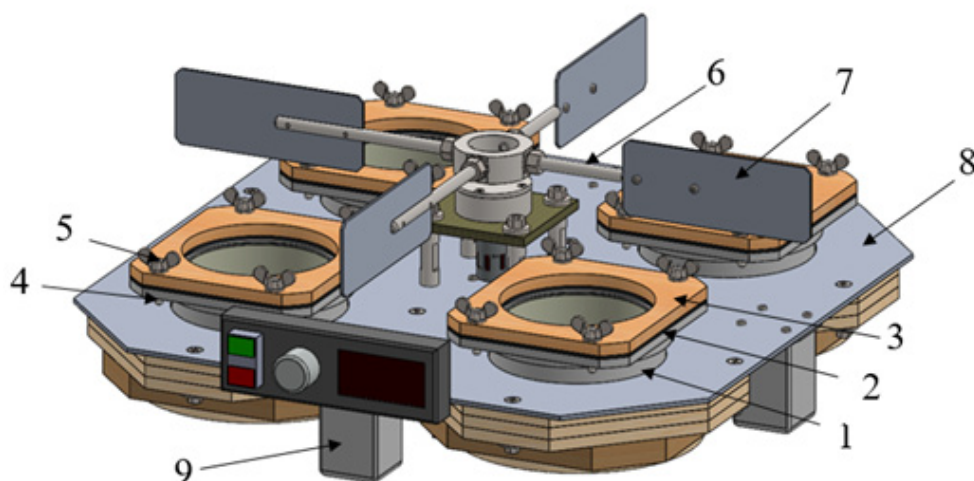
Figure 1 – Appearance of the device for determination of waterproof properties of materials by hydrostatic pressure method

Методика измерений распространяется на влагозащитные текстильные материалы и изделия из них, за исключением материалов, в которых содержатся токопроводящие компоненты, и устанавливает порядок определения сопротивления прониканию воды. Для реализации методики необходимо в измерительную ячейку, установленную на диэлектрической пластине, залить воду в объеме, обеспечивающем формирование выпуклого мениска. Расположить испытуемый материал лицевой стороной к воде и накрыть крышкой с кольцевой резиновой накладкой. С помощью переключателя включить устройство светозвуковой индикации проникания воды, активируя источник питания. Удерживая прибор за стойку, вращением ручки зажима образца прижать крышку с кольцевой резиновой накладкой к измерительной ячейке. Плавным последовательным вращением ручек регулировки давления создать необходимое гидростатическое давление в измерительной ячейке. Вода под давлением воздействует на испытуемый материал. Благодаря диэлектрической пластине электриче-

ская цепь до проникания воды через испытуемый материал разомкнута. В момент появления воды на обратной стороне испытуемого материала электрическая цепь замыкается и срабатывает устройство светозвуковой индикации проникания воды. Величина гидростатического давления в измерительной ячейке определяется по манометру. За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов трех определений.

Оценка уровня паропроницаемости влагозащитных материалов проводилась на устройстве для контроля паропроницаемости, представленном на рисунке 2 [Буркин А. Н. и др., 2022] по методике, позволяющей моделировать различные условия эксплуатации [Ивашко Е. И. и Буркин А. Н., 2023].

Для осуществления методики необходимо чашки для образцов наполнить водой, сверху установить на шпильки силиконовую прокладку, на ней расположить образец изнаночной стороной к воде и закрыть крышкой, закручивая последовательно гайки, добиваясь



1 – чашка для образца; 2 – силиконовая прокладка; 3 – крышка; 4 – шпилька; 5 – гайка;
6 – крыльчатка; 7 – лопатка; 8 – столик; 9 – опора

Рисунок 2 – Внешний вид устройства для контроля паропроницаемости
Figure 2 – Appearance of the device for vapor permeability control

герметичности. Далее следует поместить на электроконфорки сконфигурованные чашки и задать скорость вращения и положение лопаток крыльчатки. На пульте управления климатической камерой, в которой расположено устройство для контроля паропроницаемости, задать параметры испытания, соответствующие условиям эксплуатации материалов, а когда в рабочем объеме камеры установятся заданные величины, подключить устройство к сети и отметить время начала испытания. Через час после достижения равновесного градиента давления водяного пара в испытательной конструкции провести взвешивание каждого комплекта «чашка-образец». После взвешивания вернуть каждый комплект «чашка-образец» на столик и продолжить испытания до истечения заданного времени. После окончания испытаний комплекты «чашка-образец» повторно взвесить.

Для реализации методики определения паропроницаемости в условиях близких к эксплуатационным в качестве параметров испытания были выбраны: температура наружного воздуха +10 °С, скорость потока воздуха над образцами – 3 м/с, относительная влажность воздуха 89 %.

Показатель паропроницаемости вычисляется по формуле (1):

$$VP = \frac{24 \cdot m}{A \cdot t}, \quad (1)$$

где m – потеря массы комплектом «чашка-образец» за период времени t , г; t – интервал времени между последовательными взвешиваниями комплекта, ч; A – экспонируемая площадь элементарной пробы образца (равная площади отверстия в крышке чашки), м².

За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов четырёх определений.

Результаты исследований

Результаты испытаний образцов влагозащитных материалов по рассматриваемым единичным показателям представлены в таблице 2.

Согласно требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»¹ одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и текстильные материалы для ее изготовления, должны

Таблица 2 – Результаты испытаний влагозащитных материалов
Table 2 - Test results of moisture-protective materials

Образец	Разрывная нагрузка по основе, Н	Разрывная нагрузка по утку, Н	Стойкость к истиранию, циклы	Водонепроницаемость, кПа	Паропроницаемость, г/(м ² ·24ч)
BW17-086-1	990	685	6870	119,5	1920
N-0927A	870	720	7960	138,2	1800
Кл80304	1025	700	8106	93,0	1872
ПлЛАМ	810	1165	7800	97,2	1968

обладать стойкостью к истиранию не менее 1300 циклов воздействия и разрывной нагрузкой – не менее 400 Н по основе и не менее 250 Н по утку. Одежда специальная для защиты от воды должна иметь водонепроницаемость не менее 2000 Па. ГОСТ Р 57514-2017 «Ткани с резиновым или полимерным покрытием для водонепроницаемой одежды. Технические условия»⁴ устанавливает требования к тканям с покрытием, проницаемым и непроницаемым для водяного пара, подходящим для использования в конструировании водонепроницаемой одежды, согласно которым паропроницаемость должна быть не менее 360 г/(м²·24ч). Таким образом, представленные для исследования образцы влагозащитных материалов соответствуют требованиям ТР ТС 0019/2011 и ГОСТ Р 57514-2017 и могут быть использованы для изготовления специальной одежды.

Существующие известные методики комплексной оценки (Добровольска Т. А. и Маслова А. А., 2021; Курденкова А. В. и Буланов Я. И., 2021) основаны на графоаналитическом методе с рассмотрением излишнего количества единичных показателей, отвечающих за структурные характеристики материалов, что может повлечь неверный выбор предпочтительного материала, поэтому в качестве альтернативного решения рассмотрим методику комплексной оценки, в которой заложена совокупность основных значимых показателей, отражающих способность обеспечивать защиту от внешних факторов воздействия и пригодность материала к использованию по назначению.

Для определения весомости единичных показателей (1 – разрывная нагрузка по основе, 2 – разрывная на-

грузка по утку, 3 – стойкость к истиранию, 4 – водонепроницаемость, 5 – паропроницаемость) применяли экспертный метод, который основан на присвоении рангов единичным показателям. Наивысшая оценка соответствует рангу 1. Для выяснения значимости факторов был использован опыт, накопленный специалистами отделов технического контроля, работающих на швейных предприятиях и сотрудников аккредитованных лабораторий. Была сформирована группа из 10 экспертов. На основе данных анкетного опроса составляли сводную матрицу рангов.

Факторы по значимости распределились следующим образом: наиболее значимым является 4 – водонепроницаемость, далее 1 – разрывная нагрузка по основе, 5 – паропроницаемость, 2 – разрывная нагрузка по утку, 3 – стойкость к истиранию.

Для оценки степени согласия специалистов был найден коэффициент конкордации, который равен 0,746, что говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов. Для оценки значимости коэффициента конкордации использовали критерий согласования Пирсона χ^2 . Вычисленный χ^2 сравнивали с табличным значением для числа степеней свободы $K = 4$, при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Так как χ^2 расчетный 29,84 больше табличного (9,48773), то можно сделать вывод о том, что коэффициент конкордации $W = 0,746$ – величина не случайная, полученные результаты значимы и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

На основе имеющихся данных были вычислены коэффициенты весомости показателей качества: разрыв-

⁴ Ткани с резиновым или полимерным покрытием для водонепроницаемой одежды. Технические условия: ГОСТ Р 57514-2017. – Введ. 01.04.2018. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 24 с.

ная нагрузка по основе – 0,33, разрывная нагрузка по утку – 0,1, стойкость к истиранию – 0,06, водонепроницаемость – 0,36, паропроницаемость – 0,15.

Для расчёта комплексной оценки качества фактические показатели были переведены в относительные путём деления фактического значения на базовое. За базовое значение приняли минимальное значение, поскольку все представленные показатели являются позитивными. Результаты расчётов приведены в таблице 3.

Анализ результатов

При определении единичных показателей качества (таблица 2) было выявлено, что образец N-0927A имеет максимальное значение водонепроницаемости и способен выдерживать гидростатическое давление 138,2 кПа, но при этом имеет наименьшее значение по показателю паропроницаемости.

У образца BW17-086-1, несмотря на низкие значения разрывной нагрузки по утку и стойкости к истиранию, отмечается высокий уровень водонепроницаемости.

Достаточно близкие значения по показателю стойкость к истиранию наблюдаются у образцов N-0927A, Кл80304 и ПлЛАМ, чего нельзя отметить по результатам исследования разрывной нагрузки.

Для выбора влагозащитного материала, обеспечивающего максимальный уровень защиты, проведён

расчёт комплексной оценки (таблица 3). На основании полученных данных образец влагозащитного материала N-0927A является предпочтительным для изготовления специальной одежды с максимальной степенью защиты.

Образец BW17-086-1 несколько уступает по своим свойствам, однако также может быть рекомендован для изготовления одежды специального назначения.

Вывод

В ходе исследования установлена эффективность применения методики комплексной оценки свойств влагозащитных материалов схожих структур и сырьевого состава для выбора образца с максимальной степенью защиты.

Уникальное сочетание показателей качества, требования к которым заложены в действующих ТНПА на специальную одежду, включённых в комплексную оценку, позволяет в полной мере оценить пригодность материала для изготовления защитной одежды.

Целесообразность применения методики на этапе входного контроля объясняется возможностью принятия однозначного решения в пользу материала, получившего наивысшую комплексную оценку, путём определения значимых показателей качества, определяемых с помощью авторских и стандартных методик.

Таблица 3 – Результаты комплексной оценки влагозащитных материалов

Table 3 – Results of comprehensive evaluation of moisture-protective materials

Образец	Разрывная нагрузка по основе	Разрывная нагрузка по утку	Стойкость к истиранию	Водонепроницаемость	Паропроницаемость	Средняя арифметическая комплексная оценка
BW17-086-1	1,22	1,00	1,00	1,28	1,07	1,19
N-0927A	1,07	1,05	1,16	1,49	1,00	1,21
Кл80304	1,27	1,02	1,18	1,00	1,04	1,11
ПлЛАМ	1,00	1,70	1,14	1,05	1,09	1,11

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Буркин, А. Н., Махонь, А. Н. и Панкевич, Д. К. [2019]. *Эксплуатационные свойства текстильных материалов*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Буркин, А. Н. и Панкевич, Д. К. [2020]. *Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Буркин, А. Н., Панкевич, Д. К., Ивашко, Е. И. и Терентьев, А. А. (2021). Прибор для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления, патент РБ № 12855, МПК G01N15/08, заявлено 2021.10.15, опубликовано 30.04.2022, Бюл. № 2.

Буркин, А. Н., Панкевич, Д. К., Борозна, В. Д., Ивашко, Е. И. и Терентьев А. А. (2022). Устройство для контроля паропроницаемости, патент РБ № 13087, МПК G01N3/20, заявлено 2022.05.16, опубликовано 30.12.2022, Бюл. № 6.

Добровольска, Т. А. и Маслова, А. А. (2021). К вопросу комплексной оценки качества материалов для специальной одежды с использованием компьютерных технологий. *Костюмология*, Т 6, № 2, с. 1–13.

Ивашко, Е. И. и Буркин, А. Н. (2023). Методика определения паропроницаемости водозащитных материалов. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (45), с. 9–16.

Курденкова, А. В. и Буланов, Я. И. (2021). Комплексная оценка качества тканей для спецодежды работников нефтегазового комплекса после воздействия эксплуатационных факторов. *Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, посвященного 110-летию А.Н. Плановского, в рамках Третьего Международного Косыгинского форума «Современные задачи инженерных наук»*, Том 1, с. 83–87.

Метелева, О. В. (2013). *Исследование водозащитных свойств швейных изделий*. Иваново: ИГТА, Российская Федерация.

Панкевич, Д. К., Буркин, А. Н. и Ивашко, Е. И. (2020). Анализ нормативной и приборной базы определения водопроницаемости композиционных слоистых текстильных материалов, содержащих мембранный слой. *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*, № 6 (58), с. 305–314.

Панкевич, Д. К., Буркин, А. Н. и Леонов, В. В. (2022). Оценка водозащитных свойств мембранных материалов для изделий легкой промышленности. *Костюмология*, Т 7, № 1, с. 1–13.

Фаткуллина, Р. Р., Аракелян, И. А. и Хабибуллин, Р. Ф. (2012). Оценка физико-механических и защитных свойств полимерно-текстильных материалов для спецодежды с помощью обобщенного показателя качества. *Вестник Казанского технологического университета*, № 7, с. 103–105.

Jeong, W. Y. and An, S. K. (2001). The transport properties of polymer membrane-fabric composites, *Journal of materials science*, vol. 36, pp. 4797–4803.

Lomax, G. R. (1990). Hydrophilic polyurethane coatings, *Journal of coated fabrics*, vol. 20, No 2, pp. 88–107.

Md. Iusuf Khan, Sheikh Sha Alam, Fatema Jannat and Md. Safiqul Islam (2020). Waterproof and Oil Repellent Treatments of Cotton Fabric, *Journal of Textile Science and Technology*, vol. 6, pp. 59–80.

Muhammad Zahid, Jose A. Heredia-Guerrero, Athanassia Athanassiou and Ilker S. Bayer (2017). Robust water repellent treatment for woven cotton fabrics with eco-friendly polymers, *Chemical Engineering Journal*, vol. 319, pp. 321–332.

Mukhopadhyay, A. A. and Midha, V. K. (2008). Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics, *Journal of Industrial Textiles*, vol. 37, pp. 225–262.

Nnamdi C. Iheaturu, Bibiana C. Aharanwa, Kate O. Chike, Uchenna L. Ezeamaku, Onyekachi O. Nnorom and Chibueze C. Chima (2019). Advancements in Textile Finishing, *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE)*, vol. 6, Issue 5, pp. 23–31.

Sameen Aslam, Tanveer Hussain, Munir Ashraf, Madeeha Tabassum, Abdur Rehman, Kashif Iqbal and Amjed Javid (2019). Multifunctional Finishing of Cotton Fabric, *Autex Research Journal*, vol. 19, No 2, pp. 191–200.

Sen, A. K. (2008). *Coated Textiles: Principles and Applications*. Boca Raton: CRC Press, FL.

Williams, J. (2017). *Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing*. Cambridge: The Textile Institute, England.

REFERENCES

Burkin, A. N., Mahon', A. N. and Pankevich, D. K. (2019). *Ekspluatatsionnye svoystva tekstil'nykh materialov* [Performance properties of textile materials]. Vitebsk: UO «VGTU», Respublika Belarus' (In Russian).

Burkin, A. N. and Pankevich, D. K. (2020). *Gigienicheskie svoystva membrannykh tekstil'nykh materialov* [Hygienic properties of membrane textile materials]. Vitebsk: UO «VGTU», Respublika Belarus' (In Russian).

Burkin, A. N., Pankevich, D. K., Ivashko, E. I. and Terent'ev, A. A. (2021). Pribor dlya opredeleniya vodozashchitnykh svoystv materialov metodom gidrostaticheskogo davleniya, patent RB № 12855, MPK G01N15/08, zayavleno 2021.10.15, opublikovano 30.04.2022, Byul. № 2 [In Russian].

Burkin, A. N., Pankevich, D. K., Borozna, V. D., Ivashko, E. I. and Terent'ev, A. A. (2022). Ustrojstvo dlya kontrolya paropronicaemosti, patent RB № 13087, MPK G01N3/20, zayavleno 2022.05.16, opublikovano 30.12.2022, Byul. № 6 [In Russian].

Dobrovol'ska, T. A. and Maslova, A. A. (2021). To the question of complex quality assessment of materials for special clothing using computer technologies [K voprosu kompleksnoj ocenki kachestva materialov dlya special'noj odezhdy s ispol'zovaniem komp'yuternykh tekhnologij]. *Kostyumologiya = Costumology*, vol. 6, № 2, pp. 1-13 [In Russian].

Ivashko, E. I. and Burkin, A. N. (2023). Methodology for determining the vapor permeability of waterproof materials [Metodika opredeleniya paropronicaemosti vodozashchitnykh materialov]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, № 2 (45), pp. 9-16 [In Russian].

Kurdenkova, A. V. and Bulanov, Y. I. (2021). Comprehensive assessment of fabric quality for workwear fabrics of oil and gas complex workers after exposure to operational factors [Kompleksnaya ocenka kachestva tkaney dlya specodezhdy rabotnikov neftegazovogo kompleksa posle vozdejstviya ekspluatacionnykh faktorov]. *Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo simpoziuma, posvyashchennogo 110-letiyu A.N. Planovskogo, v ramkah Tret'ego Mezhdunarodnogo Kosygin'skogo foruma «Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk» = Collection of Scientific Proceedings of the International Scientific and Technical Symposium dedicated to the 110th Anniversary of A.N. Planovsky, within the framework of the Third International Kosygin Forum «Modern Problems of Engineering Sciences»*, vol. 1, pp. 83-87 [In Russian].

Metel'eva, O. V. (2013). *Issledovanie vodozashchitnykh svoystv shvejnykh izdelij* [Study of waterproof properties of garments: monograph.]. Ivanovo: IGTA, Russian Federation [In Russian].

Pankiewicz, D. K., Burkin, A. N. and Ivashko, E. I. (2020). Analysis of normative and instrumental base for determining water permeability of composite layered textile materials containing a membrane layer [Analiz normativnoj i pribornoj bazy opredeleniya vodopronicaemosti kompozicionnykh sloistykh tekstil'nykh materialov, sodержashchih membrannyj sloj]. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya = Informational and economic aspects of standardization and technical regulation*, № 6 (58), pp. 305-314 [In Russian].

Pankevich, D. K., Burkin, A. N. and Leonov, V. V. (2022). Assessment of waterproof properties of membrane materials for light industry products [Ocenka vodozashchitnykh svoystv membrannykh materialov dlya izdelij legkoj promyshlennosti], *Kostyumologiya = Costumology*, vol. 7, № 1, pp. 1-13 [In Russian].

Fatkullina, R. R., Arakelyan, I. A. and Habibullin, R. F. (2012). Assessment of physical-mechanical and protective properties of polymer-textile materials for workwear using generalized quality indicator [Ocenka fiziko-mekhanicheskikh i zashchitnykh svoystv polimerno-tekstil'nykh materialov dlya specodezhdy s pomoshch'yu obobshchennogo pokazatelya kachestva]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, № 7, pp. 103-105 [In Russian].

Jeong, W. Y. and An, S. K. (2001). The transport properties of polymer membrane-fabric composites, *Journal of materials science*, vol. 36, pp. 4797-4803.

Lomax, G. R. (1990). Hydrophilic polyurethane coatings, *Journal of coated fabrics*, vol. 20, No 2, pp. 88-107.

Md. Iusuf Khan, Sheikh Sha Alam, Fatema Jannat and Md. Safiqul Islam (2020). Waterproof and Oil Repellent Treatments of Cotton Fabric, *Journal of Textile Science and Technology*, vol. 6, pp. 59-80.

Muhammad Zahid, Jose A. Heredia-Guerrero, Athanassia Athanassiou and Ilker S. Bayer (2017). Robust water repellent treatment for woven cotton fabrics with eco-friendly polymers, *Chemical Engineering Journal*, vol. 319, pp. 321-332.

Mukhopadhyay, A. A. and Midha, V. K. (2008). Review on Designing the Waterproof Breathable Fabrics Part I: Fundamental Principles and Designing Aspects of Breathable Fabrics, *Journal of Industrial Textiles*, vol. 37, pp. 225-262.

Nnamdi C. Iheaturu, Bibiana C. Aharanwa, Kate O. Chike, Uchenna L. Ezeamaku, Onyekachi O. Nnorom and Chibueze C. Chima (2019). Advancements in Textile Finishing, *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE)*, vol. 6, Issue 5, pp. 23-31.

- Sameen Aslam, Tanveer Hussain, Munir Ashraf, Madeeha Tabassum, Abdur Rehman, Kashif Iqbal and Amjed Javid (2019). Multifunctional Finishing of Cotton Fabric, *Autex Research Journal*, vol. 19, No 2, pp. 191–200.
- Sen, A. K. (2008). *Coated Textiles: Principles and Applications*. Boca Raton: CRC Press, FL.
- Williams, J. (2017). *Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing*. Cambridge : The Textile Institute, England.

Информация об авторах

Information about the authors

Ивашко Екатерина Игоревна

Магистр технических наук, начальник отдела «Испытательный центр», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: ivashkokatrinka@mail.ru

Katsiaryna I. Ivashko

Master of Technical Sciences, Head of the Department "Testing Center", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: ivashkokatrinka@mail.ru

Исследование влияния шлихтующего препарата на обрывность нитей основы в ткачестве

Н. С. Акиндинова

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. Одной из главных задач ткацкого производства является изготовление тканей высокого качества и поиск путей увеличения производительности ткацких станков с целью повышения экономических показателей и конкурентоспособности предприятия. В условиях производства РУПТП «Оршанский льнокомбинат» установлены ткацкие станки Picanol OptiMax 190, на которых вырабатывают ассортимент тканей бытового назначения из пряжи малой линейной плотности, большая часть которого поставляется на экспорт.

Для обеспечения качества чистольняных тонких тканей и изготовления пряжи малой линейной плотности, необходимо длинное льняное волокно № 11–14 и выше. Однако, в силу комплекса причин, качество и объёмы поступающего отечественного сырья не могут гарантировать стабильную технологичность приготительного и ткацкого производства, обеспечиваемые ровнотой льняной и льносодержащей пряжи, её разрывными характеристиками.

Целью исследования является снижение обрывности нитей основы в ткачестве за счёт определения рациональных параметров выработки на ткацком станке и подбора шлихтующего препарата для повышения производительности ткацкого станка при выработке льняных тканей малой поверхностной плотности.

В статье исследованы свойства пряжи мокрого прядения линейной плотности 30 текс из длинного льняного волокна, изучены особенности шлихтовальной машины SMR-SP-10-1800/800 фирмы «Karl Mayer» и рапирного ткацкого станка OptiMax 190 фирмы «Picanol», осуществлён подбор современного шлихтующего препарата для повышения производительности станка и уменьшения обрывности нитей основы в ткачестве при изготовлении самого элитного и востребованного на рынке артикула льняной ткани поверхностной плотности 120 г/м². Изменения, внесённые в технологию, позволили сократить простои оборудования за счёт уменьшения обрывности основных нитей с 0,95 на 0,76 обрывов на 1 погонный метр ткани, увеличить коэффициент полезного времени, увеличить годовой объём выпускаемых тканей.

Ключевые слова: основа, уток, натяжение нитей, ткань, пряжа, снование, шлихтование, приклей, поверхностная плотность, линейная плотность, ткацкий станок, фаза зевобразования, обрывность.

Информация о статье: поступила 17 июня 2024 года.

Study of the influence of the sizing agent on the breakage of warp threads in weaving

Natallia S. Akindzinava

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. One of the main objectives of weaving production is the production of high quality fabrics and the search for ways to increase the productivity of weaving machines in order to improve the economic performance and competitiveness of the enterprise. In the production conditions of RUPTE "Orsha Linenmill" weaving machines Picanol OptiMax 190 are installed for the production of a range of household fabrics from low linear density yarn, most of which are exported.

To ensure the quality of pure linen fine fabrics and the production of fine yarn, long flax fibre No. 11–14 and above is required. However, due to a number of reasons, the quality and quantity of incoming domestic raw materials cannot guarantee stable technological efficiency of production preparation and weaving processes, which is provided by the uniformity of flax and flax-containing yarn and its tensile properties.

The aim of the research is to reduce warp breakage in weaving by determining rational production parameters on the loom and the choice of the sizing agent in order to increase the productivity of the loom in the production of linen fabrics with

low surface density.

In the article the properties of wet spinning yarn of 30 tex linear density made of long linen fibre are studied, the features of Karl Mayer SMR-SP-10-1800/800 SMR-SP-10-1800/800 sizing machine and Picanol OptiMax 190 rapier weaving machine are studied, the selection of modern sizing agent was made in order to increase machine productivity and reduce warp breakage during weaving of the most elite and marketable article – linen fabric with surface density of 120 g/m². The changes in the technology made it possible to reduce the equipment downtime by reducing the number of warp breaks from 0.95 to 0.76 breaks per 1 running meter of fabric, to increase the coefficient of utilisation and to increase the annual volume of fabrics produced.

Keywords: key words: warp, weft, thread tension, fabric, yarn, warping, sizing, size pick-up, surface density, linear density, weaving loom, shedding phase, wedging moment, breakage.

Article info: received June 17, 2024.

Введение

Основным показателем, отражающим эффективность работы ткацкого станка, является его производительность, которая зависит от качества используемых нитей. На способность преодоления растягивающих сил, действующих на нити основы во время ткачества, оказывают влияние вид, сырьевой состав и линейная плотность пряжи [Sengupta, et al., 2002], принципиальное значение имеют её релаксационные свойства при воздействии многократных растягивающих усилий, на которые, в свою очередь, влияет качество подготовки льняной ровницы [Алеева и Кокшаров, 2008]. Для уменьшения обрывности нитей основы в ткачестве необходимо должным образом контролировать натяжение нитей в мокром состоянии на шлихтовальных машинах [Devare, et al., 2016]. Также известно влияние на обрывность нитей различного сырьевого состава следующих факторов: циклического растяжения пряжи при проведении приготовительных операций, состава шлихтующих компонентов и их концентрации [Sengupta, et al., 2002].

В работе предлагаются мероприятия по увеличению производительности ткацкого станка за счёт подбора шлихтующего препарата, позволяющего улучшить разрывные свойства нитей основы при изготовлении чистольняной ткани из пряжи малой поверхностной плотности. Работа проведена в условиях производства РУПП «Оршанский льнокомбинат», который является экспортно-ориентированным предприятием Республики Беларусь и крупнейшим в Европе производителем льняных и полульняных тканей, 85 % которых реализуются на экспорт. Основным фактором, влияющим на конкурентоспособность выпускаемой продукции и эффективность работы предприятия, является качество используемого

сырья. В работе исследованы льняные ткани из пряжи следующего ассортимента: 38, 4 текс, 30 текс, 24 текс, 20 текс.

На сегодняшний день конъюнктура рынка сложилась таким образом, что как на внешнем, так и на внутреннем рынке возросла потребность в чистольняных тонких тканях с поверхностной плотностью от 80 до 150 г/м² – это ткани, производимые из пряжи линейной плотности 30 текс и меньше. Для обеспечения качества чистольняных тонких тканей и производства тонкой пряжи необходимого качества, используется длинное льняное волокно № 11–14 и выше. В соответствии с отраслевыми нормами и нормативами расхода сырья, с учетом проведенной технической модернизации, для производства необходимых пряж предприятию требуется длинное льняное волокно, физико-механические характеристики которого соответствуют данным, представленным в таблице 1.

В таблице 2 представлены физико-механические характеристики фактически поставляемого льняного волокна.

Фактически фабрика использует волокно № 12, удельный вес которого не более 10 % в противовес требуемому 50 %.

Средневзвешенное фактическое значение номера волокна составляет 10,5 при минимально требуемом 11,3. Данные показывают, что имеющее сырье теоретически не позволяет вырабатывать качественную пряжу линейной плотности 24 текс. Для производства других видов пряжи объемы полученного качественного волокна оказываются недостаточными. Так на протяжении последних лет на предприятие в основном поступает длинное льноволокно № 9 и 10 с низкой разрывной нагрузкой,

Таблица 1 – Нормативные физико-механические характеристики льняного волокна для производства ассортимента пряжи предприятия

Table 1 – Standard physical and mechanical characteristics of flax fibre for the production of yarn assortment of the enterprise

Т (N _m) пряжи, текс	Уд. вес, %	Средний номер льноволокна		Показатели качества льноволокна			
		По отраслевым нормам	После модернизации	Горстевая длина, см	Разрывная нагрузка, Н	Гибкость, мм	Группа цвета
83 [12,1]	1,8	10,80	10,0	57–59	195–200	35–37	2–4
56 [17,9]	63,0	11,35	11,0	59–61	200–210	38–40	3–4
50 [20,0]	5,7	12,15	11,3	59–61	205–220	38–40	3–4
42 [23,8]	2,9	12,45	11,5	59–61	210–220	40–42	3–4
38 [26,3]	7,2	12,75	11,6	61–64	215–230	40–42	4
30 [33,3]	19,1	14,30	12,0	61–64	225–240	45–48	4–5
24 [41,7]	0,3	15,40	13,5	64–67	250–300	46–48	5

Таблица 2 – Фактические показатели поставляемого отечественного льноволокна

Table 2 – Actual indicators of domestic flax fibre supply

Номер волокна	Уд. вес, %	Горстевая длина, см	Разрывная нагрузка, Н	Гибкость, мм	Группа цвета	Расчетный номер
9	9,3	53	165	33	2	8,83
10	43,7	57	183	36	2	9,72
11	33,4	59	197	40	3	10,63
12	13,0	62	217	42	4	11,84
13	0,6	65	228	46	4	12,46

на предприятии возросла обрывность на прядильных машинах до 20–30 процентов, что привело к ухудшению качества пряжи, повышению обрывности в ткачестве, увеличению затрат на подготовку и обработку ткани, что значительно увеличило себестоимость выпускаемой продукции, снизило ее конкурентоспособность. Одним из способов, характерном для процесса зверообразования на ткацком станке, является усовершенствование процессов шлихтования, что является предметом исследований ряда авторов. Исследование влияния заправочных параметров и уровня повреждаемости нитей основы линейной плотности 29 текс на шлихтовальной машине «Karl Mayer» показало, что качество и эффективность переработки пряжи на шлихтовальной машине повышает разрывные нагрузки и эластичность нитей основы при многократном циклическом растяже-

нии. Установлена взаимосвязь между величиной обрывности пряжи в ткачестве от заправочных параметров процесса шлихтования. При оптимизации технологических процессов в качестве заправочных параметров были выбраны – глубина погружения основы в шлихту, концентрация шлихты в шлихтовальном корыте, среднее давление пара в сушильных барабанах, вытяжка основы, влажность нитей основы на сновальных валах, температура шлихты, скорость шлихтования (Назарова и Завьялов, 2014, 2015). С целью оценки напряженности процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи предлагается использовать алгоритм автоматизированного прогнозирования технологического процесса шлихтования нитей с использованием бинарной причинно-следственной теории информации (Романов и Назарова, 2012). Рекомендуется в качестве критерия

оптимизации использовать коэффициент повреждаемости нитей основы, полученный на основе расчета критерия длительной прочности Москвитина с использованием, предложенного в данной работе автоматизированного метода расчета повреждаемости нитей по реальному закону нагружения (Трифорова, Назарова и Романов, 2011). Разработан новый состав для шлихтования хлопчатобумажной пряжи (Исмазова и др., 2019) и рассмотрены физико-химические основы получения шлихтующих компонентов на основе водорастворимых полимеров (Шадиева и Амонов, 2023). Изучены зависимости разрывной нагрузки от состава шлихты, кинетика набухания хлопчатобумажной пряжи, ошлихтованной полимерной композицией при различной концентрации крахмала (Раззоков, 2018). Исследовано влияние водорастворимых эфиров крахмала на ошлихтованные хлопчатобумажные и полиэфирные нити. Показана высокая эффективность использования производных крахмала, которые сообщают исследуемым текстильным материалам необходимые фрикционные и деформационные свойства: снижают в среднем на 30–40 % (в зависимости от волокна) трение нити по металлу и, одновременно, на 10–20 % повышают прочность нити, эластичность и жесткость (Смирнов, 2014). Разработан способ получения механохимически модифицированной крахмальной шлихты с регулируемой вязкостью, основанный на обработке клейстеризованного крахмала в роторно-импульсном аппарате в присутствии оксиэтилированных жирных спиртов. Показано, что использование модифицированной шлихты для шлихтования льняных основ позволяет повысить их устойчивость к истирающим нагрузкам при минимальных потерях эластичности, а также значительно облегчить процесс последующей расшлихтовки (Липатова, 2008). Следует отметить, что большая часть исследований процессов шлихтования проведено в области производства тканей из хлопчатобумажной пряжи и полиэфирных нитей, вопросам шлихтования льняной и льносодержащей пряжи уделено недостаточно внимания.

Таким образом, повышение прочности льняной и льносодержащей пряжи на этапе шлихтования нитей основы с целью получения тканей высокого качества, является актуальной научно-технической задачей.

Целью исследования является снижение обрывности нитей основы на ткацком станке и, как следствие, увеличение производительности ткацкого оборудования за счёт подбора шлихтующего препарата при произ-

водстве тканей малой поверхностной плотности.

Объектом исследования является обрывность нитей основы на ткацких станках Picanol OptiMax 190 с электронным управлением при изготовлении льняных тканей бытового назначения поверхностной плотности 120 г/м² из пряжи линейной плотности 30 текс.

Предметом исследования являются процессы шлихтования и ткачества, состав шлихты и угол раскрытия зева на ткацком станке.

Методы и средства исследований

Работа проведена в условиях производства РУПТП «Оршанский льнокомбинат», исследования пряжи и тканей произведены на лабораторном оборудовании предприятия в соответствии с требованиями НТД: Отбор проб по ГОСТ 20566-75, определение линейных размеров и поверхностной плотности по ГОСТ 3811-72, определение числа нитей по основе и утку на 100 мм по ГОСТ 8710-84.

Отбор проб на предприятии производят по ГОСТ 20566-75 со следующим дополнением: от каждого отобранного куска отбирают пробу длиной 300 мм во всю ширину ткани. Из пробы выкраивают по основе 5 элементарных проб для испытания длиной 200 мм, шириной 40 мм и 5 полосок для образива длиной 80 мм, шириной 40 мм. Подготовленные элементарные пробы перед испытанием должны быть выдержаны в климатических условиях по ГОСТ 10681-75. Обрывность нитей на ткацком станке производится автоматически и выводится на дисплей.

Для уменьшения обрывности нитей на ткацком станке предложено изменить компонент шлихты Инекс 773AS на более современный препарат Аркофил PPL при шлихтовании нитей основы на шлихтовальной машине SMR-SP-10-1800/800 фирмы «Karl Mayer» и при необходимости внести изменения в технологию изготовления ткани артикула 2с64-ШР/нп из чистольняных нитей мокрого способа прядения линейной плотности 30 текс.

В проведении исследования использована шлихтовальная машина SMR-SP-10-1800/800 фирмы «Karl Mayer», оснащенная автоматическим устройством для приготовления шлихты SRL. Управление устройством осуществляется через электронный дисплей (рисунок 1 а), внешний вид шлихтовальной машины представлен на рисунке 1 б.

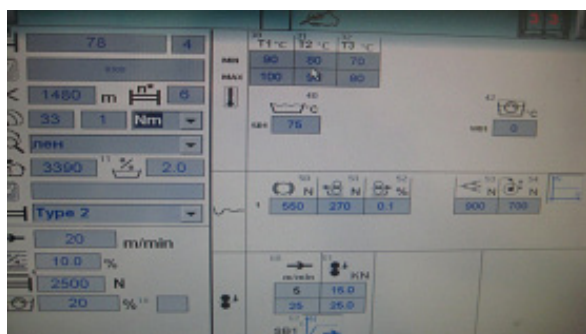
Управление шлихтовальной машиной осуществляется через электронный дисплей. Основные технологические параметры отображены на рисунке 1 в. Исследования проведены на ткацком станке Picanol OptiMax



а



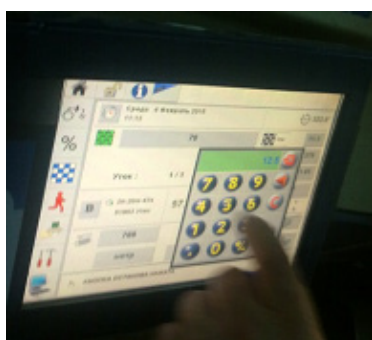
б (b)



в (v)



г (g)



д (d)



е

Рисунок 1 – Внешний вид электронного дисплея (а), внешний вид шлихтовальной машины SMR-SP-10-1800/800 (б), основные технологические параметры шлихтования на дисплее (в), эмульгирующее устройство ткацкого станка (г), параметры заправки на электронном дисплее станка (д, е)
Figure 1 – Appearance of the electronic display (a), appearance of the sizing machine SMR-SP-10-1800/800 (b), main technological parameters of sizing (v), emulsifying device of the loom (g), threading parameters on the electronic display of the machine (d, e)

190 с рапирами свободного полета FM. В качестве зев-образовательного механизма используется кулачковый механизм на 8 ремизок. Для уменьшения обрывности на станке предусмотрено эмульсирование утка (рисунок 1 г).

Управление работой станка происходит посредством электронного дисплея (рисунок 1 д, е). Ткань имеет 2 вида кромки – обычная (в ткани) и отрезная. Края ткани закрепляются перевивочными нитями.

Результаты исследований

В технической лаборатории РУПТП «Оршанский льнокомбинат» были проведены замеры физико-механических свойств нитей основы и утка. В таблице 3 и 4 представлены свойства нитей основы и утка.

Используемая пряжа соответствует требованиям нормативно-технической документации. В таблицах 5, 6 представлены физико-механические свойства образца ткани.

Известно, что процесс шлихтования предназначен для увеличения сопротивляемости нитей основы истиранию и многократному растяжению нитей в процессе ткачества.

В утвержденном рецепте шлихты РУПТП «Оршанский льнокомбинат» применяются следующие шлихтующие препараты: инекс 773AS – 3 кг, авирол NW94 – 2,5 кг, вода – 600 л.

Для проведения исследования заменили препарат Инекс 773AS на современный препарат Аркофил PPL в той же пропорции (3 кг). Фирма-производитель поставляет препарат Аркофил PPL по цене препарата Инекс 773AS.

В таблице 7 предоставлен сравнительный анализ основных свойства препаратов Инекс 773AS и Аркофил PPL.

Результаты исследования влияния шлихтующих препаратов на физико-механические показатели нитей основы представлены в таблице 8.

Исследование обрывности нитей основы на ткацких станках проводилось в течении 14 рабочих дней, при этом исследовались нити основы в ткачестве на одном и том же ткацком станке, основа, обработанная с использованием препарата Аркофил PPL была заправлена после основы, обработанной препаратом Инекс 773AS. В ткацком цехе соблюдался одинаковый температурно-

Таблица 3 – Физико-механические свойства нитей основы и утка

Table 3 – Physical and mechanical properties of warp and weft threads

№	Номин. лин. плотн., текс	Фактич. лин. плотн., текс	Кондиц. лин. плотн., текс	Проц. откл. кондиц. лин. плотн. от номин.	Кoeffиц. вариации по лин. плотн., %	Удельн. разрывн. нагрузка, сН/текс	Кoeffиц. вариации по разрывн. нагр., %
1	30	30,9	31,7	+5,7	4,4	15,2	20,6
2	30	31,1	31,8	+6,0	3,9	14,8	21,3
3	30	30,9	31,6	+5,3	4,1	15,4	21,3
4	30	30,9	31,7	+5,7	4,1	15,6	20,9
5	30	30,9	31,7	+5,7	3,7	16,8	21,9
6	30	30,0	30,7	+2,3	4,3	17,8	20,1
7	30	30,0	30,8	+2,7	3,9	18,0	31,3
8	30	30,1	30,9	+3,0	5,1	18,4	20,7
9	30	30,5	31,2	+4,0	4,3	18,3	20,7
10	30	31,1	31,6	+5,3	3,8	16,2	20,9
11	30	31,1	31,6	+5,3	4,0	15,8	20,5
12	30	30,4	31,4	+4,7	4,4	16,7	20,2
Среднее	30	30,7	31,4	+4,7	4,2	16,5	20,9

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Таблица 4 – Физико-механические свойства нитей основы и утка
Table 4 – Physical and mechanical properties of warp and weft threads

№	Отклон. от норм удельн. разр. нагр., сН	Средняя разрывная нагрузка, сН/текс	Удлинение		Фактическая крутка на 1 м	Коэффициент крутки	Влажн. факт., %
			мм	%			
1	-1,8	469,30	9	1,8	539	30,1	6,36
2	-2,2	461,12	9	1,8	523	29,1	6,62
3	-1,6	474,71	9	1,8	534	29,9	6,61
4	-1,4	483,50	9	1,8	525	29,0	6,24
5	-0,2	517,58	9	1,8	532	29,5	6,13
6	-0,6	533,85	9	1,8	524	29,0	6,36
7	-0,4	538,77	9	1,8	524	28,5	6,34
8	0	552,74	9	1,8	510	28,1	6,28
9	-0,1	557,40	9	1,8	522	28,9	6,50
10	-0,8	503,76	9	1,8	516	28,6	7,10
11	-1,2	491,35	9	1,8	524	29,2	7,32
12	-0,3	506,62	9	1,8	524	29,1	5,65
Среднее	-0,5	507,56	9	1,8	525	29,1	6,46

Таблица 5 – Физико-механические свойства образца готовой ткани
Table 5 – Physical and mechanical properties of the finished fabric sample

№	Ширина ткани, см	Число нитей на 10 см		Поверхностная плотность, г/см ²	Разрывная нагрузка, Н		Стойкость ткани к истиранию, тыс. цикл	Воздухо-проницаемость, дм ³ /м ² с
		основа	уток		основа	уток		
1	149,7	230	174	126	342	288	3,7	755
2	150,1	228	174	125	320	292	5,1	795
3	149,9	228	172	121	286	298	3,7	835
4	149,5	230	174	126	300	304	4,4	795
5	149,6	230	174	124	316	300	3,4	785
6	149,7	228	174	125	324	318	3,4	810
7	149,2	230	174	121	388	290	3,9	790
8	150,0	230	176	125	304	282	4,0	810
9	149,7	230	174	124	346	292	4,1	795
10	149,7	229	174	123	358	306	4,3	780
Среднее	149,7	229	174	124	328	297	4,0	795

Таблица 6 – Физико-механические свойства образца суровой ткани

Table 6 – Physical and mechanical properties of a gray fabric sample

№	Ширина, см	Число нитей на 10 см		Уработка, %
		Основа	Уток	
1	170,5	206	182	8,0
2	170,5	200	182	8,0
3	170,2	200	182	8,0
4	170,8	200	182	8,0
5	170,9	200	182	8,0
6	171,2	202	182	8,0
7	171,1	198	182	8,0
8	170,5	198	182	8,0
9	170,4	198	182	8,0
10	170,7	200	182	8,0
Среднее	170,7	200	182	8,0

Таблица 7 – Основные свойства препаратов Инекс 773AS и Аркофил PPL

Table 7 – Main properties of Inex 773AS and Arcofil preparations PPL

Свойства	Инекс 773AS	Аркофил PPL
Внешний вид	желто-белый гранулят	порошок от белого до слегка желтоватого цвета
Химическая структура	поливиниловый спирт с добавкой пеногасителя	винил полимеризат
Объемная плотность	600 кг/м ³	650 кг/м ³
Вязкость (при температуре 20 °С)	3,5 % раствор ок. 15 мПа	4 % раствор ок. 15 мПа
Совместимость	может быть смешан со всеми обычными шликтами	может быть смешан со всеми обычными шликтами
pH	5-7 (50 г/л в воде)	5-7 (50 г/л в воде)

Таблица 8 – Физико-механические показатели нитей основы на шлихтовальной машине

Table 8 – Physical and mechanical parameters of warp threads on the sizing machine

Лабораторные данные	Инекс 773AS – 3 кг Авирил NW94 – 2,5 кг	Аркофил PPL – 3 кг Авирил NW94 – 2,5 кг
Фактическая вытяжка, %	0,4	0,4
Истинный приклей, %	2,6	2,7
Разрывная нагрузка до шлихтования, сН	493,8	493,8
Разрывная нагрузка после шлихтования, сН	568,6	605,4
Прирост разрывной нагрузки, %	15,15	22,60
Обрывность на 10 ⁶ м пряжи	2,4	2,2

влажностный режим.

На рисунке 2 представлен график производительности и гистограмма обрывности, зафиксированные электронной системой ткацкого станка за 14 дней его при использовании в шлихте препарата Инекс 773AS.

В таблице 9 представлена расшифровка графика производительности ткацкого станка и гистограммы обрывности при использовании в шлихте препарата Инекс 773AS.

На рисунке 3 представлен график производительности и гистограмма обрывности, за 14 дней работы ткацкого станка при использовании в шлихте препарата Аркофил PPL.

В таблице 10 представлена расшифровка графика производительности ткацкого станка и гистограммы обрывности при использовании в шлихте препарата Аркофил PPL.

При использовании в шлихте препарата Инекс 773AS максимальная обрывность на 5 погонных метров составила 5 обрывов. При использовании в шлихте препарата Аркофил PPL максимальная обрывность на 5 погонных метров составила 4,2 обрыва. При уменьшении концен-

трации препарата Аркофил PPL обрывность на ткацком станке возрастает по сравнению с текущей с 5 обрывов на 5 погонных метров до 5,6 обрывов. Увеличение концентрации препарата Аркофил PPL привело к склеиванию нитей и резкому повышению обрывности на ценовом поле шлихтовальной машины с $2,4 \cdot 10^6$ метра пряжи до $3,1 \cdot 10^6$ метра пряжи. Поэтому дальнейшее шлихтование с повышенной концентрацией препарата в условиях работающего производства не целесообразно и не представлялось возможным.

Анализ полученных результатов

1. Анализ графиков показал, что при использовании в шлихте препарата Аркофил PPL в количестве 3 кг на ткацком станке наблюдается снижение обрывности нитей основы.

2. При уменьшении концентрации в шлихте препарата Аркофил PPL обрывность на ткацком станке увеличивается по сравнению с применением в шлихте препарата Инекс 773AS.

3. При увеличении концентрации препарата Аркофил PPL в шлихте резко повышается обрывность на шлихтовальной машине, что фактически приводит к невозмож-

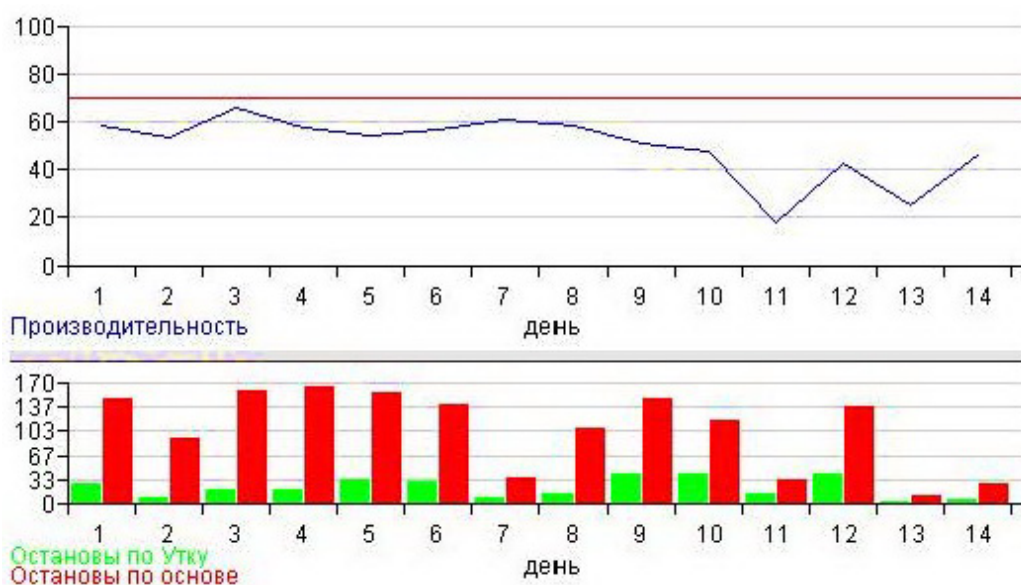


Рисунок 2 – График производительности ткацкого станка и гистограмма обрывности при использовании в шлихте препарата Инекс 773AS

Figure 2 – Weaving loom performance graph and breakage histogram when using Inex 773AS in sizing

Таблица 9 – Результаты исследования обрывности нитей основы при использовании шлихты с препаратом Инекс 773AS

Table 9 – Results of warp breakage study using dressing with Inex 773AS

№ дня	Производительность станка, %	Количество уточных прокидок	Количество обрывов по утку	Количество обрывов утка на 100000 прокидок	Количество обрывов по основе	Количество обрывов основы на 100000 прокидок	Количество обрывов на 1 п. м.	
							основа	уток
1	58,0	286795	28	9,8	148	51,6	0,94	0,18
2	53,7	205095	10	4,9	93	45,3	0,82	0,09
3	65,4	347658	20	5,8	161	46,3	0,84	0,11
4	57,6	305995	22	7,2	167	54,6	0,99	0,13
5	54,0	287240	34	11,8	158	55,0	1,00	0,22
6	56,8	302014	33	10,9	141	46,7	0,85	0,2
7	60,9	90541	11	12,1	37	40,9	0,74	0,22
8	58,3	224150	14	6,2	108	48,2	0,88	0,11
9	50,5	268470	44	16,4	150	55,9	1,02	0,3
10	47,5	215480	42	19,5	118	54,8	0,99	0,36
11	17,9	52706	14	26,6	35	66,4	1,21	0,48
12	42,7	226471	43	19,0	139	61,4	1,12	0,35
13	24,9	19821	4	20,2	12	60,5	1,10	0,37
14	45,1	44569	8	17,9	28	62,8	1,14	0,33
Средние показатели с учётом отсеивания резко выделяющихся значений								
	55,04	250900,8	27,36	11,24	129,09	50,97	0,95	0,22

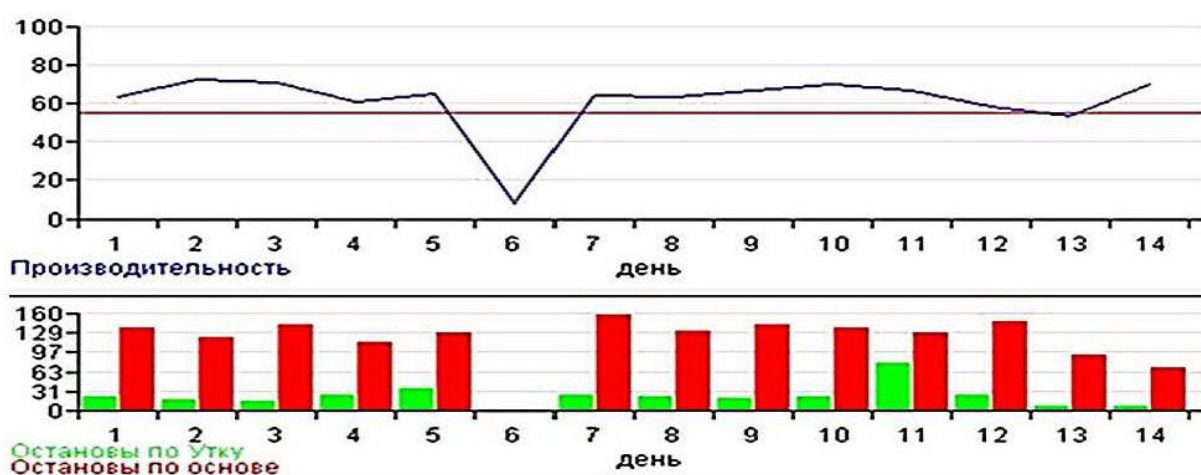


Рисунок 3 – График производительности ткацкого станка и гистограмма обрывности при использовании в шлихте препарата Аркофил PPL

Figure 3 – Loom performance graph and breakage histogram when using Arcofil PPL in sizing

Таблица 10 – Результаты исследования обрывности нитей основы при использовании шлихты с препаратом Аркофил PPL

Table 10 – Results of warp breakage study when using dressing with Arcofil PPL

№ дня	Производитель- ность станка, %	Количество угочных прокидок	Количество обрывов по утку	Количество обрывов утка на 100000 прокидок	Количество обрывов по основе	Количество обрывов основы на 100000 прокидок	Количество обрывов на 1 п. м.	
							основа	уток
1	63,5	338025	25	7,4	138	40,8	0,74	0,14
2	72,1	383860	20	5,2	121	31,5	0,57	0,1
3	71,0	377500	18	4,8	143	37,9	0,69	0,09
4	61,1	325161	27	8,3	115	35,4	0,64	0,15
5	64,6	322679	39	12,1	131	40,6	0,74	0,22
6	7,8	628	0	0,0	2	318,5	5,8	0
7	64,2	341305	28	8,2	158	46,3	0,84	0,15
8	63,1	335843	24	7,1	133	39,6	0,72	0,13
9	66,5	353819	22	6,2	143	40,4	0,74	0,11
10	70,1	372995	24	6,4	138	37,0	0,67	0,12
11	66,8	355062	79	22,2	130	36,6	0,67	0,4
12	58,0	286795	28	9,8	148	51,6	0,94	0,18
13	53,7	205095	10	4,9	93	45,3	0,83	0,09
14	70,1	160339	8	5,0	72	44,9	0,82	0,09
Средние показатели с учётом отсеивания резко выделяющихся значений								
	64,985	319882,9	27,1	8,28	127,9	40,61	0,76	0,15

ности наработки основы соответствующего качества.

Выводы

В результате проведения мероприятий уменьшилась обрывность основных нитей с 0,95 на 0,76 обрывов на 1 погонный метр ткани. Это повлекло увеличение коэффициента полезного времени с 0,72 до 0,74 и, как

следствие, увеличение годового объёма выпускаемых тканей.

Таким образом, при изготовлении ткани из чистольняных нитей линейной плотности 30 текс, наиболее рациональным является использование в шлихте вместо препарата Инекс 773AS препарата Аркофил PPL.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Алеева, С. В. и Кокшаров, С. А. (2008). Оценка качества подготовки льняного волокна при формировании пряжи. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 1, С. 9–12.

Исмадова, Р. А., Ибрагимова, Ф. Б., Амонов, М. Р. и Шарафутдинова, Р. И. (2019). Разработка нового состава для шлихтования хлопчатобумажной пряжи. *Universum: технические науки: электронный научный журнал*, № 11 (68). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8348> [дата доступа: 22.05.2024].

Липатова, И. М. (2008). Механохимически модифицированная крахмальная шлихта для льняных основ. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 4, С. 62–65.

Назарова, М. В. и Завьялов, А. А. (2014). Исследование качества и эффективности переработки пряжи на шлихтовальной машине фирмы «Карл Майер». *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 12 (часть 1), С. 33–35.

Назарова, М. В. и Завьялов, А. А. (2015). Исследование влияния заправочных параметров на эффективность процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 12 (часть 5), С. 810–813.

Назарова, М. В. и Завьялов, А. А. (2015). Исследование уровня повреждаемости нитей основы линейной плотности 29 текс на шлихтовальной машине «Karl Mayer». *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, № 9 (часть 3), С. 426–429.

Назарова, М. В. и Завьялов, А. А. (2015). Разработка параметров эффективного протекания процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи. *Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов Международной научно-практической конференции*, Витебск, 25–26 ноября 2015 года, С. 66–68.

Назарова, М. В. и Романов, В. Ю. (2012). Разработка алгоритма автоматизированного прогнозирования технологического процесса шлихтования нитей с использованием бинарной причинно-следственной теории информации. *Научный журнал «Фундаментальные исследования»*, № 11-6, С. 1466–1469.

Раззоков, Х. К. (2018). Изучение влияния состава шлихты на свойства ошлихтованной пряжи. *Universum: химия и биология: электронный научный журнал*, № 6 (48). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5974> (дата доступа: 18.05.2024).

Романов, В. Ю. и Назарова, М. В. (2012). Оценка напряженности процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 5, С. 60–64.

Смирнов, С. В. (2014). Оценка эффективности ряда производных крахмала в качестве клеящего компонента шлихты. *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*, Том 57, вып. 3, С. 102–106.

Трифонова, Л. Б., Назарова, М. В. и Романов, В. Ю. (2011). Исследование повреждаемости нитей при шлихтовании хлопчатобумажной пряжи. *Сетевое издание «Современные проблемы науки и образования»*, 2011, № 6.

Шадиева, Ш. Ш. и Амонов, М. Р. (2023). Физико-химические основы получения шлихтующих композиций на основе водорастворимых полимеров. *Universum: технические науки: электронный научный журнал*, № 11 (116). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16245> (дата доступа: 24.05.2024).

Devare, D., Turukmane, R. N., Gulhane, S. S. and Patil, L. C. (2016). Effect of yarn stretch in sizing of loom performance. *International Journal on Textile Engineering and Processes*, Vol. 2, Issue 4, pp. 19–23.

Sengupta, A. K., Pratihar, P., Kimothi, P. D. and Vernekar, S. (2002). Influence of yarn structure, sizing ingredients and type of sizing on properties and performance of sized yarns : Part I – Evaluation of sizing process using Zweigle G551 weavability tester. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, № 27(1), pp. 59–64.

Sengupta, A. K., Pratihar, P., Kimothi, P. D. and Vernekar, S. (2002). Influence of yarn structure, sizing ingredients and type of sizing on properties and performance of sized yarns: Part II – A comparative study of sized yarn performance for ring- and rotor-spun cotton yarn. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, № 27(2), pp. 142–148.

Sengupta, A. K., Pratihar, P., Kimothi, P. D. and Vernekar, S. (2002). Influence of yarn structure, sizing ingredients and type of sizing on properties and performance of sized yarns: Part III – A study of attrition during weaving for air-jet, ring and rotor yarns on a modern high speed weaving machine. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, № 27(2), pp. 149–155.

REFERENCES

Aleeva, S. V. and Koksharov, S. A. (2008). Assessment of the quality of preparation of flax fiber during yarn formation [Оценка качества подготовки лняного волокна при формировании пряжи]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 1, pp. 9–12 [In Russian].

Ismatova, R. A., Ibragimova, F. B., Amonov, M. R. and Sharafutdinova, R. I. (2019). Development of a new composition for sizing of cotton yarn [Razrabotka novogo sostava dlja shlihtovaniya hlochatobumazhnoj prjazhi]. *Universum: tehnicheckie nauki: jelektronnyj nauchnyj zhurnal = Universum: technical sciences: electronic scientific journal*, No. 11 (68). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8348> (access date: 05/22/2024) (In Russian).

Lipatova, I. M. (2008). Mechanochemically modified starch dressing for flax bases [Mehanohimicheski modifitsirovannaja krahmal'naja shlihta dlja l'njanyh osnov]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 4, pp. 62–65 (In Russian).

Nazarova, M. V. and Zavyalov, A. A. (2014). Study of the quality and efficiency of yarn processing on a Karl Mayer sizing machine [Issledovanie kachestva i jeffektivnosti pererabotki prjazhi na shlihtoval'noj mashine firmy "Karl Majer"]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij = International Journal of Applied and Fundamental Research*, No. 12 (Part 1), pp. 33–35 (In Russian).

Nazarova, M. V. and Zavyalov, A. A. (2015). Study of the influence of filling parameters on the efficiency of the sizing process of cotton yarn [Issledovanie vlijaniya zapravochnyh parametrov na jeffektivnost' processa shlihtovaniya hlochatobumazhnoj prjazhi]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij = International Journal of Applied and Fundamental Research*, No. 12 (Part 5), pp. 810–813 (In Russian).

Nazarova, M. V. and Zavyalov, A. A. (2015). Study of the level of damage to warp threads with a linear density of 29 tex on a Karl Mayer sizing machine [Issledovanie urovnja povrezhdaemosti nitej osnovy linejnoy plotnosti 29 teks na shlihtoval'noj mashine "Karl Mayer"]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij = International Journal of Applied and Fundamental Research*, No. 9 (Part 3), pp. 426–429 (In Russian).

Nazarova, M. V. and Zavyalov, A. A. (2015). Development of parameters for the effective flow of the sizing process for cotton yarn [Razrabotka parametrov jeffektivnogo protekaniya processa shlihtovaniya hlochatobumazhnoj prjazhi]. *Novoe v tekhnike i tekhnologii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti = New in engineering and technology in the textile and light industry: materials of reports of the International Scientific and Practical Conference*, Vitebsk, November 25–26, 2015, pp. 66–68 (In Russian).

Nazarova, M. V. and Romanov, V. Yu. (2012). Development of an algorithm for automated prediction of the technological process of thread sizing using binary cause-and-effect information theory [Razrabotka algoritma avtomatizirovannogo prognozirovaniya tehnologicheskogo processa shlihtovaniya nitej s ispol'zovaniem binarnoj prichinno-sledstvennoj teorii informacii]. *Nauchnyj zhurnal «Fundamental'nye issledovaniya» = Scientific journal "Fundamental Research"*, No. 11-6, pp. 1466–1469 (In Russian).

Razzokov, Kh. K. (2018). Study of the influence of sizing composition on the properties of sizing yarn [Izuchenie vlijaniya sostava shlihty na svoystva oshlihtovannoj prjazhi]. *Universum: himiya i biologiya: jelektronnyj nauchnyj zhurnal = Universum: chemistry and biology: electronic scientific journal*, No. 6 (48). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5974> (access date: 05/18/2024) (In Russian).

Romanov, V. Yu. and Nazarova, M. V. (2012). Assessment of the intensity of the sizing process for cotton yarn [Ocenka naprjazhennosti processa shlihtovaniya hlochatobumazhnoj prjazhi]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, No. 5, pp. 60–64 (In Russian).

Smirnov, S. V. (2014). Evaluation of the effectiveness of a number of starch derivatives as an adhesive component of size [Ocenka jeffektivnosti rjada proizvodnyh krahmala v kachestve klejashhego komponenta shlihty]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya*, Volume 57, no. 3, pp. 102–106 (In Russian).

Trifonova, L. B., Nazarova, M. V. and Romanov, V. Yu. (2011). Study of thread damage during sizing of cotton yarn [Issledovanie povrezhdaemosti nitej pri shlihtovanii hlochatobumazhnoj prjazhi]. *Setevoe izdanie «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya» = Online publication "Modern problems of science and education"*, 2011, No. 6 (In Russian).

Shadieva, Sh. Sh. and Amonov, M. R. (2023). Physico-chemical basis for the production of sizing compositions based on water-soluble polymers [Fiziko-himicheskie osnovy poluchenija shlihtujushhih kompozicij na osnove vodorastvorimyh polimerov]. *Universum: tehnicheckie nauki: jelektronnyj nauchnyj zhurnal = Universum: technical sciences: electronic scientific journal*, No. 11 (116). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16245> (access date: 05/24/2024) (In Russian).

Devare, D., Turukmane, R. N., Gulhane, S. S. and Patil, L. C. (2016). Effect of yarn stretch in sizing of loom performance. *International Journal on Textile Engineering and Processes*, Vol. 2, Issue 4, pp. 19–23.

Sengupta, A. K., Pratihar P., Kimothi, P. D. and Vernekar, S. (2002). Influence of yarn structure, sizing ingredients and type of sizing on properties and performance of sized yarns : Part I – Evaluation of sizing process using Zweigle G551 weavability tester. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, № 27(1), pp. 59–64.

Sengupta, A. K., Pratihar P., Kimothi, P. D. and Vernekar, S. (2002). Influence of yarn structure, sizing ingredients and type of sizing on properties and performance of sized yarns: Part II – A comparative study of sized yarn performance for ring- and rotor-spun cotton yarn. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, № 27(2), pp. 142–148.

Sengupta, A. K., Pratihar P., Kimothi, P. D. and Vernekar, S. (2002). Influence of yarn structure, sizing ingredients and type of sizing on properties and performance of sized yarns: Part III – A study of attrition during weaving for air-jet, ring and rotor yarns on a modern high speed weaving machine. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, № 27(2), pp. 149–155.

Информация об авторах

Information about the authors

Акиндинова Наталья Станиславовна

Кандидат технических наук, декан факультета дизайна, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: akindinovanatasha@mail.ru

Natallia S. Akindzinava

Candidate of Sciences (in Engineering), Dean of the Faculty of Design, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: akindinovanatasha@mail.ru

Энергосберегающая технология крашения текстильных материалов из белковых волокон природными красителями с использованием натуральных протрав

Н. В. Скобова, А. В. Горохова
Н. Н. Ясинская, Е. П. Попко

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. В настоящее время отмечается возрождение интереса к исследованиям и разработкам в области производства и применения натуральных красителей для окрашивания текстильных материалов вследствие растущей популярности экологичного образа жизни, основанного на использовании экологически чистых товаров. В статье представлены результаты исследований экологичной энергоэффективной технологии крашения шерстяной пряжи натуральными красителями, позволяющей снизить нагрузку на сточные воды, повысить интенсивности окраски с сохранением колористической гаммы на текстильном материале за счет использования биопотрав.

Предлагается сокращенная экологичная схема крашения, отличительными особенностями которой являются замена многочасового процесса подготовки природного сырья к крашению на ультразвуковую обработку в течение 40 минут при мощности генератора 70 Вт, что позволяет интенсифицировать экстракцию красящих веществ, снизить расход природного сырья для получения насыщенных окрасок при последующем крашении. Процессы экстрагирования, крашения и протравливания совмещены. Красящие вещества извлекались из дробленого корня лапчатки прямостоячей, растение не токсично, широко используется в медицинских целях. В качестве биопотрав использованы сок Aloe Vera, сок квашеной капусты, винная кислота.

Установлено, что окрашивание шерстяной пряжи водным раствором корней лапчатки целесообразно проводить при температуре рабочей ванны 80 °С, что обеспечит максимальную диффузию молекул красителя в волокно. Совмещение процессов извлечения красящих веществ из природного сырья и крашения, а также снижение температуры рабочей ванны со 100 до 80 °С позволяет значительно снизить энергоемкость технологии колорирования шерстяной пряжи.

Ключевые слова: крашение, природные красители, биопотравы, шерстяная пряжа, ультразвуковое экстрагирование, технологические режимы, колористические свойства.

Информация о статье: поступила 20 мая 2024 года.

Energy-saving technology for dyeing textile materials from protein fibers with natural dyes using natural mordants

Natallia V. Skobova, Anastasia V. Gorohova *Vitebsk State Technological University,*
Natallia N. Yasinskaya, Alena P. Papko *Republic of Belarus*

Abstract. There is currently a renewed interest in research and development in the production and application of natural dyes for dyeing textile materials due to the growing popularity of eco-friendly lifestyles based on the use of environmentally friendly products. The article presents the research results into an environmentally friendly, energy-efficient technology for dyeing wool yarn using natural dyes. The approach aims to reduce the load on wastewater while enhancing color intensity and maintaining the color range of the textile material through the use of biomordants.

A shortened, environmentally friendly dyeing scheme is proposed, the distinctive features of which are the replacement of the many-hour process of preparing natural raw materials for dyeing with ultrasonic treatment for 40 minutes at a generator power of 70W. This treatment intensifies the extraction of dyes and reduces the consumption of natural raw materials, resulting in vibrant colors during subsequent dyeing. The integrated processes of extraction, dyeing and pickling contribute to efficiency. Dyeing substances were extracted from the crushed root of *Potentilla erecta*; the plant is non-toxic and is widely used for medicinal purposes. Biomordants such as Aloe Vera juice, sauerkraut juice, and tartaric acid were used.

The study reveals that it is advisable to dye wool yarn with an aqueous solution of cinquefoil roots at a working bath temperature of 80 °C, which will ensure maximum diffusion of dye molecules into the fiber. By combining dye extraction from natural raw materials and dyeing processes, while reducing the working bath temperature from 100 to 80 °C, the energy intensity of the technology for coloring wool yarn can be significantly reduced.

Keywords: dyeing, natural dyes, bio-dedrants, wool yarn, ultrasonic extraction, technological modes, color properties.

Article info: received May 20, 2024.

Введение

В настоящее время отмечается возрождение интереса к исследованиям и разработкам в области производства и применения натуральных красителей для окрашивания текстильных материалов вследствие растущей популярности экологичного образа жизни, основанного на использовании экологически чистых товаров (Teklemedhin, 2018a; Teklemedhin & Gopalakrishnan, 2018b). Многие исследователи, дизайнеры, художники и ремесленники заинтересованы в применении технологии окрашивания натуральными красителями всех видов текстильных материалов (Benli, 2024), в связи с чем, различные страны, такие как Турция, Корея, Мексика, несколько стран Африки, перешли на использование натуральных красителей (Samanta, 2020).

Природные красители безопасны из-за их нетоксичной, неаллергенной и биоразлагаемой природы (Mohammad Mirjalili & Loghman Karimi, 2013). Натуральное окрашивание в настоящее время используется преимущественно в изделиях ручной работы. Однако во многих развивающихся странах натуральные красители могут выступать в роли не только источника разнообразных красителей, но и как способ приносить доход за счет устойчивого сбора урожая и продажи красящих растений (Habib et al., 2022).

Для лучшей фиксации натурального красителя в волокне используют протравы. Они образуют координационный комплекс с красителем, который прикрепляется к волокну. В результате, протравы повышают стойкость окрашенной пряжи к мокрым обработкам (Ghurde & Hajare, 2023).

В качестве протрав при окрашивании белковых волокон чаще всего используют соли металлов: сульфат железа (III), алюминиевые квасцы, сульфат меди. Использование экстракта растительного красителя, различных типов протрав и режимов протравления дают возможность получать окраски шерсти, не уступающие по своим характеристикам окраскам, полученным с помощью синтетических протравных красителей. Получа-

емые окраски имеют достаточно широкую гамму «благородных» цветов (Шагина и Азимова, 2014).

Экологический аспект применения протрав заключается в токсичном воздействии на сточные воды, например, сульфат меди является экотоксичным и губителен для живых организмов. Однако алюмокалиевые квасцы – безопасный вариант из имеющихся протрав (Шагина и Азимова, 2014).

Альтернативным вариантом, позволяющим сделать технологию крашения природными красителями безвредной для окружающей среды, является применение натуральных протрав. Например, индийскими учеными предлагается использовать экстракт коры мангового дерева (*Mangifera indica*) в качестве протравы для окраски хлопчатобумажных тканей натуральным красителем (Ghurde & Hajare, 2022), либо акацию катеху в качестве биопротравы, заменяющей классические варианты металлических протрав (Yusuf et al., 2017). Чтобы повысить сродство натуральных красителей к текстильному волокну, можно также использовать дубильные вещества (танины). Фенолы, входящие в гидроксильную группу танинов, участвуют в создании поперечных связей с различными красителями и волокном, что помогает закрепить цвет. Дубовая кора и древесина, кожура граната и кукуруза являются сырьем для получения дубильных веществ (Pisitsak et al., 2018). В качестве протрав также можно использовать органические отходы (Benli H., 2024).

Традиционная технология окрашивания натуральными красителями является материало- и энергоемкой. Для получения насыщенных оттенков на материале требуется большой расход заготовленного сырья, длительные процессы замочки с последующим экстрагированием красящего пигмента, последующего этапа крашения, протравление материала. В случае использования наземных частей растения весь цикл занимает около 6–7 часов, подземных частей растения, коры – 12 часов. В связи с этим актуальной задачей является разработка энергосберегающего метода окрашивания текстильных

материалов из натуральных волокон с минимальной нагрузкой на окружающую среду.

Целью работы является разработка экологичной энергоэффективной технологии крашения шерстяной пряжи натуральными красителями, позволяющей снизить нагрузку на сточные воды, повысить интенсивности окраски с сохранением колористической гаммы на текстильном материале за счет использования биопротрав.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований выбрана окрашенная по различным технологиям шерстяная пряжа линейной плотности 200 текс. Красящие вещества извлекались из дробленого корня лапчатки прямостоячей, растение не токсично, широко используется в медицинских целях [Кароматов и Мавлонов, 2017].

В качестве биопротрав использованы сок Aloe Vera, сок квашеной капусты, винная кислота.

Aloe Vera – суккулентное травянистое растение, имеет короткий стебель, от которого отходят длинные изогнутые мясистые листья. В Aloe Vera содержится 8 ферментов: алииаза, щелочная фосфатаза, амилаза, брадикиназа, карбоксипептидаза, каталаза, целлюлаза, липаза и пероксидаза, кроме этого содержатся фе-

нольные соединения – антрахиноны. [Surjushe, Vasani & Saple, 2008].

Квашеная капуста – пищевой продукт, получаемый из капусты при её молочнокислом брожении (квашении). Молочнокислые бактерии, имеющиеся на поверхности свежей капусты, сбрасывают сахара из капустного сока и образуют молочную кислоту [Янченко, 2023]. Сок образуется как побочный продукт при квашении в достаточном количестве для использования в технологии крашения натуральными красителями.

Винная кислота – распространенный химический реактив в виде природного соединения. На вид представляет собой вязкий белый или бесцветный кристаллический порошок без запаха, но с ярко выраженным кислым вкусом, как у лимонной кислоты. Вещество хорошо растворимо в воде и спирте. Эта кислота достаточно широко распространена в естественном виде: содержится во многих фруктах и ягодах, например, в винограде и рябине.

Этапы технологии крашения натуральными красителями по традиционной технологии (схема 1) и по предлагаемой энергоэффективной технологии (схема 2), представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схемы процесса крашения шерстяной пряжи природными красителями
 Figure 1 – Schemes of the process of dyeing wool yarn with natural dyes

Согласно схеме 1 корни лапчатки подвергают дроблению и замачивают на 8 часов, после чего экстрагируют растительное сырье в среде горячей воды с температурой 75 °С в течение 100–120 минут, модуль ванны 1:30. Далее раствор отфильтровывают. Пряжу отдельно протравливают в 1 % растворе алюмокалиевых квасцов при температуре 50 °С, в течение 60 минут. Крашение проводят при температуре 90–95 °С в течение 60 минут, модуль ванны 1:50. Для придания пряже более глубокого оттенка проводят ее обработку в теплом слабощелочном растворе (0,25 % раствор аммиака).

Авторами статьи предлагается сокращенная экологичная схема крашения, отличительными особенностями которой являются:

- многочасовой процесс замочки заменен на замочку сырья в течение 20 минут с последующей ультразвуковой обработкой корней лапчатки в течение 40 минут при мощности генератора 70 Вт. Это позволит ускорить процесс вытеснения пузырьков воздуха из клеток растения за счет звукокапиллярного эффекта. Ультразвуковая подготовка интенсифицирует последующий процесс экстракции, рабочий раствор имеет более насыщенный оттенок при меньшем расходе сырья [Скобова, Ясинская и Горохова, 2024];

- совмещены процессы экстрагирования, крашения и протравливания. В красильную ванну добавляют ½ часть от требуемого объема холодной воды и помещают озвученное сырье. Постепенно нагревая ванну до

требуемой температуры проводят экстрагирование в течении 40 минут. Затем вводят в полученный раствор оставшуюся часть холодной воды с добавлением протрав, температура ванны при этом понижается до 40–45 °С. Погружают в красильную ванну смоченные образцы пряжи и выдерживают в течение 10 минут без повышения температуры. Затем повышают температуру до требуемой и ведут крашение пряжи в течении 30 минут. Модуль ванны 1:50;

- для протравливания пряжи использовались биопротравы: 2 % раствор винной кислоты, 4 % раствор сока Aloe Vera, неразбавленный сок квашеной капусты. Красильная ванна с Aloe Vera имела pH = 4,4, с винной кислотой pH = 1,7, с соком квашеной капусты pH = 3,3.

Начальная температура экстрагирования влияет в дальнейшем на цвет окрашиваемого материала [Ёлкина, 1980]. Поэтому на этапе совмещенного процесса экстрагирования, крашения и протравливания устанавливали три уровня температуры: 60, 80, 100 °С для сравнения получаемых на пряже колористических оттенков (рисунок 2).

Озвучивание сырья проводили в ультразвуковой ванне «Сапфир» УЗВ-1,3/2 (ЗАО НПО «Техноком»). Регулируемыми параметрами обработки являются время озвучивания раствора (от 1 до 99 мин), мощность генератора (до 100 Вт) и температура раствора (до 70 °С), нерегулируемым – рабочая частота колебаний (35 кГц) [Ясинская & Скобова, 2020].

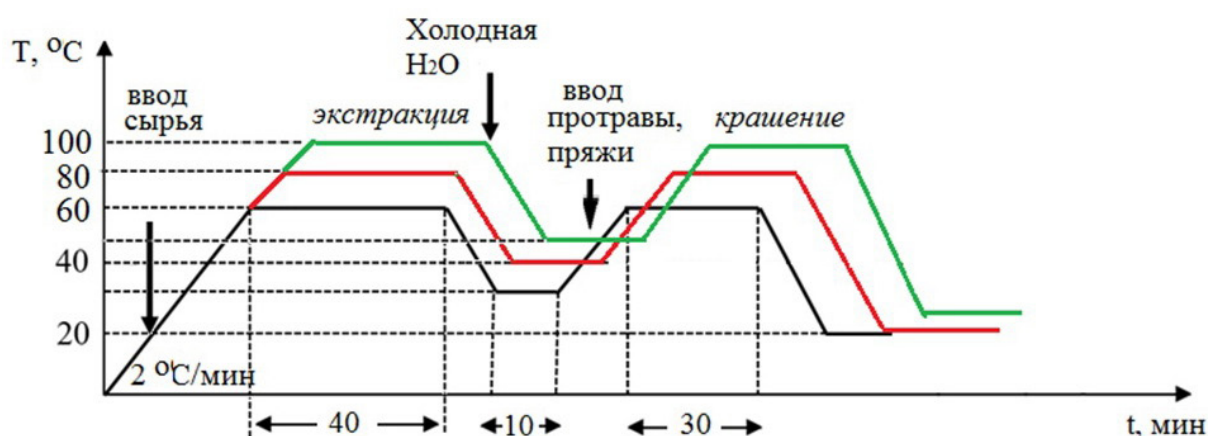


Рисунок 2 – Технологический режим совмещенного процесса экстрагирования, крашения и протравливания
Figure 2 – Technological regime of the combined process of extraction, dyeing and etching

Степень выбираемости красителя волокном определяли спектрофотометрическим методом. В работе использовали спектрофотометр Solar 2201PB, работающий в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Исследования проводились в режиме поглощения на длине волн от 240 нм до 680 нм.

Результаты исследований

Спектрограммы красильных растворов корня лапчатки (без разбавления), взятых из красильной ванны после процесса окрашивания по схеме 2, представлены на рисунке 3, где кривая 1 при температуре крашения 100 °С, 2 – 80 °С, 3 – 60 °С.

Анализ спектрограмм показывает, что низкая температура экстракции и последующего крашения не поз-

воляет в полной мере извлекать красящие вещества из корней лапчатки, а также снижает скорость диффузии красителя в волокно. Максимум спектра приходится на длину волны 340 нм и в интервале 500–550 нм отмечают множественные пики (рисунок 3 б, в, г). Различия в выбираемости красящих веществ волокном прослеживается на длине волны 550 нм. Максимум спектра соответствует температуре ванны 80 °С, дальнейшее повышение температуры ухудшает процесс диффузии красителя. При крашении в растворе сока квашеной капусты лучшая выбираемость красителя соответствует температуре ванны 100 °С.

Цветовая гамма образцов пряжи, полученных по схеме 1 (рисунок 4) значительно светлее, чем у образцов по

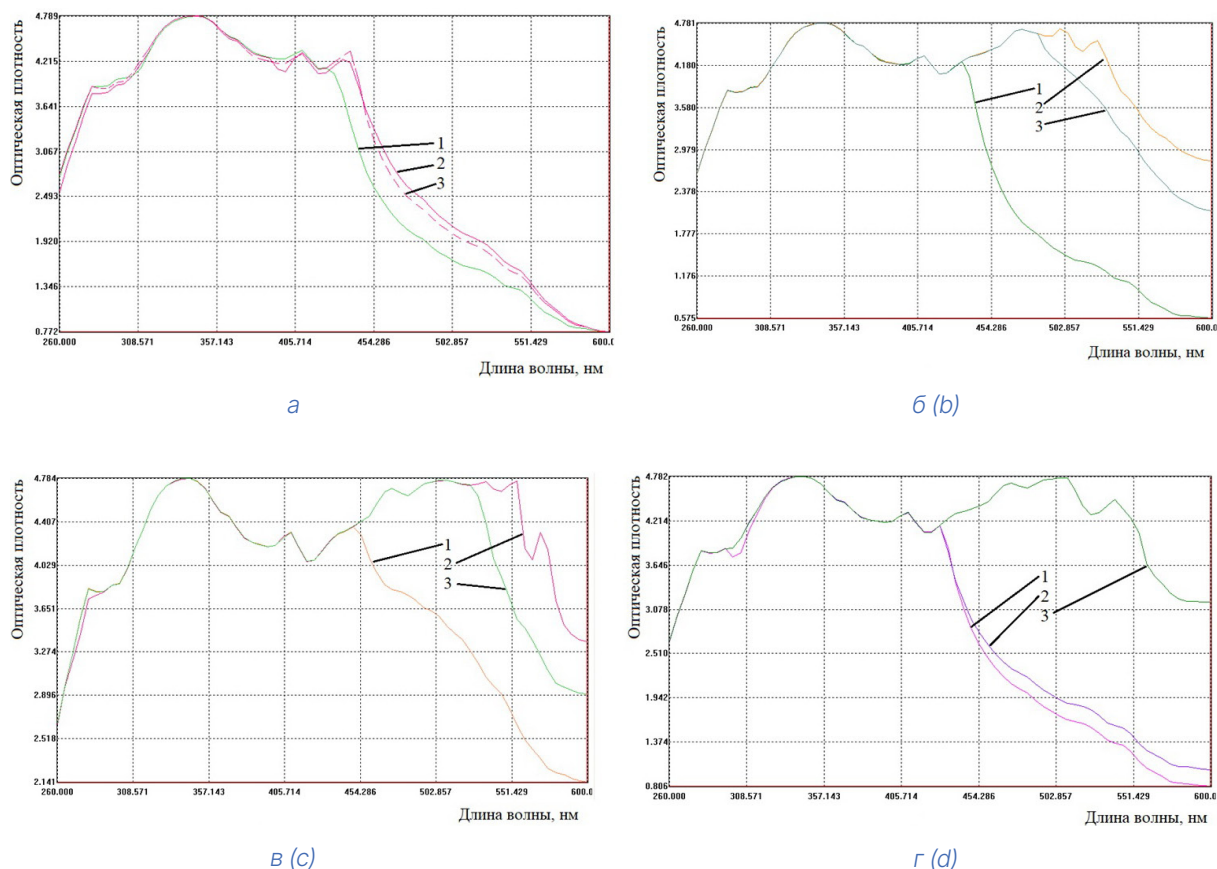
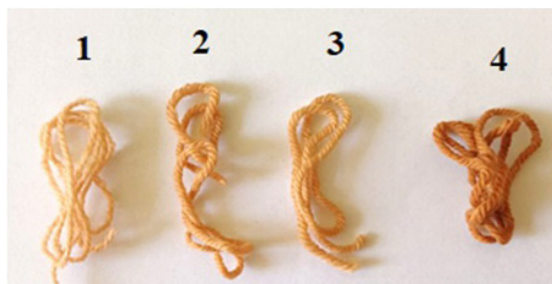


Рисунок 3 – Спектрограммы красильных растворов после крашения: а – без протрав; б – в присутствии сока Aloe Vera; в – в присутствии винной кислоты; г – в присутствии сока квашеной капусты
 Figure 3 – Spectrograms of dyeing solutions after dyeing: a – without mordant; b – in the mordant of Aloe Vera juice; c – in the mordant of tartaric acid; d – in the mordant of sauerkraut juice



1 – контрольный образец (без протравы),
2 – протрава Aloe Vera, 3 – протрава соком
квашеной капусты, 4 – протрава винной кислотой
Рисунок 4 – Образцы пряжи по схеме 1
Figure 4 – Yarn samples according to Scheme 1

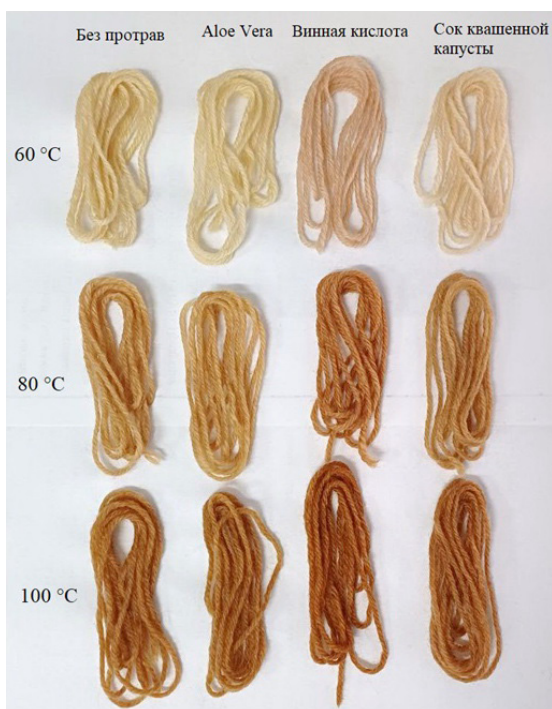


Рисунок 5 – Результат окрашивания пряжи
по энергосберегающей технологии
Figure 5 – Result of yarn dyeing using
energy-saving technology

схеме 2 (рисунок 5, при 100 °С), что подтверждает эффективность сокращенной схемы окрашивания.

Сравнительный анализ колористических эффектов полученных на образцах (рисунок 5) показывает, что при экстрагировании и крашении при температуре 60 °С на пряже получают мягкие пастельные тона: цвет шампанского с использованием Aloe Vera, пыльной розы – с винной кислотой, кремовый оттенок – сок квашеной капусты. По мере увеличения температуры красильной ванны цвет пряжи становится насыщенным, более яркие оттенки соответствуют пряже окрашенной в присутствии винной кислоты. Крашение при максимальной температуре придает пряже яркие, мало различимые цветовые решения, но более насыщенным является цвет, также полученный при использовании винной кислоты.

Анализ полученных результатов

По результатам фитохимического анализа подземных частей лапчатки прямостоячей выявлено присутствие фенольных соединений, в частности, дубильных веществ (танинов) и флавоноидов, проявляющихся на длине волны 280 и 380–410 нм соответственно [Сергалиева, 2023], цвет растворов всех образцов – темно-коричневый.

Дубильные вещества выделяются из растительного сырья в виде смеси полимеров и представляют собой аморфные вещества желтого или желто-бурого цвета, в растениях встречается смесь гидролизующихся и конденсированных дубильных веществ. Танины содержат большое количество групп -ОН, в связи с чем способны образовывать прочные межмолекулярные связи с белками. Под действием кислот гидролизующиеся дубильные вещества распадаются на составные части, конденсированные дубильные вещества – полимеризуются, цвет растворов темнеет [Голиков, 2020].

Анализ спектрограмм растворов без протрав показывает, что при температуре 80 °С достигается максимальная миграция молекул дубильных веществ в волокно, вызванная особой связью с функциональной областью волокна (-NHCO = шерсть) и функциональными группами красителя (-ОН или -ОН и -С = О) за счет переноса ионов в системе [Botteri et al., 2022].

При использовании биопротрав сока Aloe Vera и квашеной капусты, винной кислоты образуется кислая среда рабочей ванны. Шерстяное волокно поглощает танин, содержащийся в экстракте корней лапчатки, за счет электростатического взаимодействия между карбоксильной группой танина и аминогруппой шерстяного

волокна. Низкий уровень pH увеличивает степень ионизации аминогруппы в волокнах шерсти, что приводит к улучшению поглощения красителя (Goutam B & et, 2022, Hosseinnezhad M, 2022).

Устойчивость окраски пряжи к мокрым обработкам показала, что применение протрав способствует закреплению красителя в волокне: устойчивость окраски при температуре 80 и 100 °С при использовании Aloe Vera и сока квашеной капусты – 4 балла, винной кислоты – 4–5 балла. Крашение при 60 °С не позволило получить яркие оттенки, однако устойчивость окраски к мокрым обработкам также составляет 4–5 баллов. Похожие выводы содержатся в работе (Berhanu T & Ratnapandian S., 2017), применение Aloe Vera позволило получить стойкость окраски к мокрым обработкам как

хорошее и превосходное.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено:

- окрашивание шерстяной пряжи водным раствором корней лапчатки целесообразно проводить при температуре рабочей ванны 80 °С, что обеспечит максимальную диффузию молекул красителя в волокно;
- снижение температуры крашения со 100 до 80 °С, а также применение совмещенного способа экстрагирования и крашения снижает энергоемкость технологии крашения природными красителями;
- кислая pH красильной ванны позволяет получить более насыщенные оттенки на пряже и повысить стойкость пряжи к мокрым обработкам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Голиков, В. П. (2020). *Органические хроматические материалы на основе природных красителей в произведениях искусства: природа, технологии приготовления и применения, методы исследования*, Москва, Институт Наследия, 296 с. URL: https://heritage-institute.ru/wp-content/uploads/2020/08/golikov-vp_organicheskie-hromaticheskie-materialy.pdf [accessed 18 April 2024].

Ёлкина, А. К. (1980). Крашение дублировочных материалов естественными органическими и кубовыми красителями. *Художественное наследие. Хранение, исследование, реставрация*, ГОСНИИР, № 6. С. 95–112.

Кароматов, И. Дж. и Мавлонов, С. С. (2017). Лекарственное растение – лапчатка гусиная, ползучая, *Биология и интегративная медицина*, № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lekarstvennoe-rastenie-lapchatka-gusinaya-polzuchaya> [дата обращения: 23.02.2024].

Сергалиева, М. У., Макалатия, М. К., Цибизова, А. А., Ганиулли, А. Р., Каштанова, О. А., Киракосова, Е. М. и Гостева, О. В. (2023). Фитохимическая оценка биологически активных веществ корневищ *Potentilla Supina L.* *Международный научно-исследовательский журнал*, № 12 (138). URL: <https://research-journal.org/archive/12-138-2023-december/10.23670/IRJ.2023.138.212> [дата обращения: 11.05.2024]. DOI: 10.23670/IRJ.2023.138.212.

Скобова, Н. В., Ясинская, Н. Н. и Горохова, А. В. (2024). Применение экстракта корня лапчатки *Potentilla Erecta* в технологии крашения текстильных материалов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*. № 47, С. 82. DOI:10.24412/2079-7958-2024-1-82-92.

Шагина, Н. А. и Азимова, Ф. Ш. (2014). Экологические аспекты колорирования шерстяной ткани растительными красителями при протравливании солями неограниченных металлов, *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*, Т 20. С. 2581–2585, URL: <http://e-koncept.ru/2014/54780.htm> [дата обращения 30.04.2024].

Янченко, Е. В., Волкова, Г. С., Куксова, Е. В., Вирченко, И. И., Янченко, А. В., Сербя Е. М. и Иванова М. И. (2023). Химический состав и микробиологические показатели квашеной капусты, приготовленной из разных гибридов, *Техника и технология пищевых производств*. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskiy-sostav-i-mikrobiologicheskie-pokazateli-kvashenoy-kapusty-prigotovlennoy-iz-raznyh-gibridov> [дата обращения: 15.04.2024].

Benli, H. (2024). Bio-mordants: a review. *Environmental science and pollution research international*, Vol. 31, pp. 20714–20771. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32174-8> [accessed 12 April 2024].

Berhanu, T. and Ratnapandian, S. (2017). Extraction and optimization of natural dye from Hambo Hambo (*Cassia singueana*) plant used for coloration of tanned leather materials. *Advances in Materials Science and Engineering*. Volume 2017, Issue 1. URL: <https://doi.org/10.1155/2017/7516409> [accessed 16 April 2024].

Botteri, L., Miljković, A. and Glogar, M. I. (2022). Influence of Cotton Pre-Treatment on Dyeing with Onion and Pomegranate Peel Extracts. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(14), 4547. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules27144547> [accessed 23 April 2024].

Ghurde, M. and Hajare, A. (2023). Effect of selected mordants on the application of eco-friendly natural dye from *Spinacia oleracea* L. Leaves, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 12(5): pp. 45–50. DOI: <https://dx.doi.org/10.22271/phyto.2023.v12.i5a.14718>.

Goutam, B. and Debojyoti, G. (2022). Application of Bauhinia Vahlia Bark Extract on Wool Fiber. *Curr Trends Fashion Technol Textile Eng.*, 7(4): 555720. DOI:10.19080/CTFTE.2022.07.555720.

Hosseinnezhad, M., Gharanjig, K., Imani, H. and Razani, N. (2022). Green dyeing of wool yarns with yellow and black myrobalan extract as bio-mordant with natural dyes. *J Nat Fibers*. 19(10): 3893–3915. DOI: 10.1080/15440478.2020.1848735.

Kaur, R., Tomar, A. and Thakur, G. (2017). Natural dyes as colorants for food and textiles [Online], *IJTRS*, Vol. 2, Iss. XI, pp. 714–719, available at: https://www.ijtrs.com/uploaded_paper/NATURAL%20DYES%20AS%20COLORANTS%20FOR%20FOOD%20AND%20TEXTILES.pdf [accessed 16 April 2024].

Mirjalili, M. and Karimi, L. (2013). Extraction and Characterization of Natural Dye from Green Walnut Shells and Its Use in Dyeing Polyamide: Focus on Antibacterial Properties, *Journal of Chemistry*, Vol. 2013, available at: <https://doi.org/10.1155/2013/375352> [accessed 16 April 2024].

Neil E. Schore and K. Peter C. Vollhardt (2011). *Organische Chemie*, John Wiley & Sons, S. 166.

Noman Habib, Waseem Akram, Shahid Adeel, Nimra Amin, Mozghan Hosseinnezhad and Ehsan UI Haq (2022). Environmental-friendly extraction of Peepal (*Ficus Religiosa*) bark-based reddish brown tannin natural dye for silk coloration. *Environmental science and pollution research international*, Vol. 29, 23: 35048–35060. DOI:10.1007/s11356-022-18507-5.

Pisitsak, P., Tungsombatvisit, N. and Singhanu, K. (2018). Utilization of waste protein from Antarctic krill oil production and natural dye to impart durable UV-properties to cotton textiles. *J Clean Prod*. 174: pp. 1215–1223. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.010.

Samanta, P. (2020). A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. *Intech Open*, Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038> [accessed 15 January 2024].

Surjushe, A., Vasani, R. and Saple, D. (2008). Aloe vera: a short review. *Indian J Dermatol*, Vol. 53, № 4, pp. 163–166.

Teklemedhin, T. B. (2018). Dyeing of Wool Fabric Using Natural Dye and Natural Mordant Extracts, *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology*, Vol. 4, Iss. 4, pp. 538–542. DOI: 10.31031/TTEFT.2018.04.000593.

Teklemedhin, T. B. and Gopalakrishnan, L. H. (2018). Environmental friendly dyeing of silk fabric with natural dye extracted from *Cassia singueana* plant, *J Textile Sci Eng* S3: 001. DOI: 10.4172/2165-8064.S3-001.

Yusuf, Mohd, Mohammad, Faqeer, Shabbir, Mohd and Khan, Mohammad (2016). Eco-dyeing of wool with *Rubia cordifolia* root extract: Assessment of the effect of *Acacia catechu* as biomordant on color and fastness properties. *Textiles and Clothing Sustainability*. 2. 1-9. 10.1186/s40689-016-0021-6.

REFERENCES

Golikov, V. P. (2020). Organic chromatic materials based on natural dyes in works of art: nature, preparation and application technologies, research methods [Organicheskie hromaticheskie materialy na osnove prirodnih krasitelej v proizvedenijah iskusstva: priroda, tehnologii prigotovlenija i primenenija, metody issledovanija], *Institut Nasledija = Heritage Institute*, Moscow, 296 p. URL: https://heritage-institute.ru/wp-content/uploads/2020/08/golikov-vp_organicheskie-hromaticheskie-materialy.pdf [accessed April 18, 2024]. (In Russian)

Yolkina, A. K. (1980). Dyeing of duplicating materials with natural organic and vat dyes [Krashenie dublirovochnyh materialov estestvennymi organicheskimi i kubovymi krasiteljami]. *Artistic heritage. Storage, research, restoration*, GOSNIIR, № 6. P. 95–112.

Karomatov, I. J. and Mavlonov, S. S. (2017). Medicinal plant – cinquefoil goose, creeping [Lekarstvennoe rastenie – lapchatka gusinjaja, polzuchajaja], *Biologija i integrativnaja medicina = Biology and Integrative Medicine*, № 2. URL: <https://>

cyberleninka.ru/article/n/lekarstvenoe-rastenie-lapchatka-gusinaya-polzuchaya [accessed: 23.02.2024] (In Russian).

Sergaliev, M. U., Makalatia, M. K., Tsbizova, A. A., Ganiullina, A. R., Kashtanova, O. A., Kirakosova, E. M. and Gosteva, O. V. (2023). Phytochemical assessment of biologically active substances of the rhizomes of *Potentilla Supina* L. [Fitohimicheskaja ocenka biologicheski aktivnyh veshhestv kornevishh *Potentilla Supina* L.], *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal = International Scientific Research Journal*, № 12 (138). URL: <https://research-journal.org/archive/12-138-2023-december/10.23670/IRJ.2023.138.212> [accessed: 11.05.2024]. DOI: 10.23670/IRJ.2023.138.212 (In Russian).

Skobova, N. V., Yasinskaya, N. N. and Gorokhova, A. V. (2024). Application of *Potentilla Erecta* root extract in textile dyeing technology [Primenenie jekstrakta kornja lapchatki *Potentilla Erecta* v tehnologii krashenija tekstil'nyh materialov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universitet = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, № 47, P. 82. DOI:10.24412/2079-7958-2024-1-82-92 (In Russian).

Shagina, N. A. and Azimova, F. Sh. (2014). Environmental aspects of coloring wool fabric with vegetable dyes when etching with salts of non-boundary metals [Jekologicheskie aspekty kolorirovanija sherstjanoj tkani rastitel'nyh krasiteljami pri protravlivanii soljami neogranicheskikh metallov], *Nauchno-metodicheskij jelektronnyj zhurnal «Koncept» = Scientific and methodological electronic journal "Concept"*, Vol. 20. P. 2581–2585, URL: <http://e-koncept.ru/2014/54780.htm> [accessed 30.04.2024] (In Russian).

Yanchenko, E. V., Volkova, G. S., Kuksova, E. V., Virchenko, I. I., Yanchenko, A. V., Serba, E. M. and Ivanova, M. I. (2023). Chemical composition and microbiological parameters of sauerkraut prepared from different hybrids [Himicheskij sostav i mikrobiologicheskie pokazateli kvashennoj kapusty, prigotovlennoj iz raznyh gibridov], *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv=Equipment and technology of food production*. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskij-sostav-i-mikrobiologicheskie-pokazateli-kvashennoj-kapusty-prigotovlennoj-iz-raznyh-gibridov> [accessed: 15.04.2024] (In Russian).

Benli, H. (2024). Bio-mordants: a review. *Environmental science and pollution research international*, Vol. 31, pp. 20714–20771. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32174-8> [accessed: 12 April 2024].

Berhanu, T. and Ratnapandian, S. (2017). Extraction and optimization of natural dye from Hambo Hambo (*Cassia singueana*) plant used for coloration of tanned leather materials. *Advances in Materials Science and Engineering*. Volume 2017, Issue 1. URL: <https://doi.org/10.1155/2017/7516409> [accessed 16 April 2024].

Botteri, L., Miljković, A. and Glogar, M. I. (2022). Influence of Cotton Pre-Treatment on Dyeing with Onion and Pomegranate Peel Extracts. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(14), 4547. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules27144547> [accessed: 23 April 2024].

Ghurde, M. and Hajare, A. (2023). Effect of selected mordants on the application of eco-friendly natural dye from *Spinacia oleracea* L. Leaves, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 12(5): pp. 45–50. DOI: <https://dx.doi.org/10.22271/phyto.2023.v12.i5a.14718>.

Goutam, B. and Debojyoti, G. (2022). Application of *Bauhinia Vahlia* Bark Extract on Wool Fiber. *Curr Trends Fashion Technol Textile Eng.*, 7(4): 555720. DOI:10.19080/CTFTE.2022.07.555720.

Hosseinnezhad, M., Gharanjig, K., Imani, H. and Razani, N. (2022). Green dyeing of wool yarns with yellow and black myrobalan extract as bio-mordant with natural dyes. *J Nat Fibers*. 19(10): 3893–3915. DOI: 10.1080/15440478.2020.1848735.

Kaur, R., Tomar, A. and Thakur, G. (2017). Natural dyes as colorants for food and textiles [Online], *IJTRS*, Vol. 2, Iss. XI, pp. 714–719, available at: https://www.ijtrs.com/uploaded_paper/NATURAL%20DYES%20AS%20COLORANTS%20FOR%20FOOD%20AND%20TEXTILES.pdf [accessed 16 April 2024].

Mirjalili, M. and Karimi, L. (2013). Extraction and Characterization of Natural Dye from Green Walnut Shells and Its Use in Dyeing Polyamide: Focus on Antibacterial Properties, *Journal of Chemistry*, Vol. 2013, available at: <https://doi.org/10.1155/2013/375352> [accessed 16 April 2024].

Neil E. Schore and K. Peter C. Vollhardt (2011). *Organische Chemie*, John Wiley & Sons, S. 166.

Noman Habib, Waseem Akram, Shahid Adeel, Nimra Amin, Mozghan Hosseinnezhad and Ehsan Ul Haq (2022). Environmental-friendly extraction of Peepal (*Ficus Religiosa*) bark-based reddish brown tannin natural dye for silk coloration. *Hudozhestvennoe nasledie. Hranenie, issledovanie, restavracija = Environmental science and pollution research international*, Vol. 29,23: 35048–35060. DOI:10.1007/s11356-022-18507-5 (In Russian).

Pisitsak, P., Tungsombatvisit, N. and Singhanu, K. (2018). Utilization of waste protein from Antarctic krill oil production and natural dye to impart durable UV-properties to cotton textiles. *J Clean Prod.* 174: pp. 1215–1223. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.010.

Samanta, P. (2020). A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. *Intech Open*, Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038> [accessed 15 January 2024].

Surjushe, A., Vasani, R. and Saple, D. (2008). Aloe vera: a short review. *Indian J Dermatol*, Vol. 53, N4, pp. 163–166.

Teklemedhin, T. B. (2018) Dyeing of Wool Fabric Using Natural Dye and Natural Mordant Extracts, *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology*, Vol. 4, Iss. 4, pp. 538–542. DOI: 10.31031/TTEFT.2018.04.000593.

Teklemedhin, T. B. and Gopalakrishnan, L. H. (2018). Environmental friendly dyeing of silk fabric with natural dye extracted from Cassia singueana plant, *J Textile Sci Eng S3*: 001. DOI: 10.4172/2165-8064.S3-001.

Yusuf, Mohd, Mohammad, Faqeer, Shabbir, Mohd and Khan, Mohammad (2016). Eco-dyeing of wool with Rubia cordifolia root extract: Assessment of the effect of Acacia catechu as biomordant on color and fastness properties. *Textiles and Clothing Sustainability*. 2. 1-9. 10.1186/s40689-016-0021-6.

Информация об авторах

Information about the authors

Скобова Наталья Викторовна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: skobova-nv@mail.ru

Горохова Анастасия Вадимовна

Студент, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: gorohova2508@gmail.com

Ясинская Наталья Николаевна

Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yasinskayann@rambler.ru

Попко Елена Павловна

Старший преподаватель кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: popkoelenapavl@gmail.com

Natallia V. Skobova

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: skobova-nv@mail.ru

Anastasia V. Gorohova

Student, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: gorohova2508@gmail.com

Natallia N. Yasinskaya

Doctor of Sciences (in Engineering), Chair of the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasinskayann@rambler.ru

Alena P. Papko

Senior Lecturer of the Department «Ecology and Chemical Technologies», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: popkoelenapavl@gmail.com

Исследование влияния условий формования на свойства гель-волокон из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и 2-акриламид-2-метилпропансульфоукислоты

Н. В. Пчелова, И. С. Козловская
И. А. Будкуте, Л. А. Щербина

Белорусский государственный университет пищевых
и химических технологий, Республика Беларусь

Аннотация. Цель работы – изучить влияние содержания кислотного сомономера и условий формования на окрашиваемость гель-волокон на основе сополимеров акрилонитрила (АН), метилакрилата (МА) и 2-акриламид-2-метилпропансульфоукислоты (АМПС). Для этого синтезированы модельные сополимеры АН, МА и АМПС с содержанием кислотного сомономера в мономерной смеси от 0 до 2 % (масс.) за счет изменения доли МА. Установлено, что фактическое содержание кислотного мономера в волокнообразующем сополимере выше ожидаемого, исходя из состава исходной мономерной смеси.

Анализ окрашиваемости модельных образцов полиакрилонитрильных волокон, сформованных из синтезированных сополимеров по диметилформамидному способу при варьировании технологических режимов, показал, что количество красителя, выбираемого из красильной ванны гель-структурой волокон, пропорционально содержанию кислотного сомономера в волокнообразующем сополимере. Наиболее активное снижение индекса белизны (светлоты) готовых волокон наблюдается при увеличении содержания АМПС в сополимере от 0 до 0,7 % (масс.). Проведено микроскопирование модельных волокон. На основе полученных в ходе выполнения работы экспериментальных данных выдвинуто предположение о том, что для достижения приемлемой интенсивности окрашивания и обеспечения мягкого грифа полиакрилонитрильных волокон оптимальное содержание кислотного сомономера при синтезе волокнообразующих сополимеров на основе АН, МА и АМПС должно находиться в диапазоне от 0,9 до 1,3 % (от массы мономеров в реакционной смеси).

Ключевые слова: сополимер, акрилонитрил, метилакрилат, 2-акриламид-2-метилпропансульфоукислота, диметилформамид, формование, окрашиваемость, микроскопирование.

Информация о статье: поступила 19 июня 2024 года.

Работа выполнена при содействии завода «Полимир» ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк, Республика Беларусь).

Study of the influence of forming conditions on the properties of gel-fibers from copolymers of acrylonitrile, methyl acrylate and 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid

Natallia V. Pchalova, Iryna S. Kozlovskaya
Iryna A. Budkute, Leonid A. Shcherbina

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies,
Republic of Belarus

Abstract. The aim of the work is to study the effect of the acid comonomer content and forming conditions on the dyeability of gel fibers based on copolymers of acrylonitrile (AN), methyl acrylate (MA) and 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid (AMPS). For this purpose, model copolymers AN, MA and AMPS were synthesized with an acid comonomer content in the monomer mixture from 0 to 2 % (wt.) by changing the proportion of MA. It has been established that the actual content of the acidic monomer in the fiber-forming copolymer is higher than expected based on the composition of the initial monomer mixture.

Analysis of the dyeability of model samples of polyacrylonitrile fibers formed from synthesized copolymers by the dimethylformamide method with varying technological regimes showed that the amount of dye selected from the dye bath by the gel structure of the fibers is proportional to the content of the acid comonomer in the fiber-forming copolymer. The most significant decrease in the whiteness index (lightness) of the finished fibers is observed with an increase in the AMPS content in the copolymer from 0 to 0.7 % (wt.). Microscopy of model fibers was carried out. Based on the experimental data

obtained in the course of the work, it was suggested that in order to achieve an acceptable intensity of dyeing and ensure a soft handle of polyacrylonitrile fibers, the optimal content of acid comonomer during the synthesis of fiber-forming copolymers based on AN, MA and AMPS should be in the range of 0.9 up to 1.3 % [of the mass of monomers in the reaction mixture].

Keywords: copolymer, acrylonitrile, methyl acrylate, 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid, dimethylformamide, forming, dyeability, microscopy.

Article info: received June 19, 2024.

The research work was carried out with the assistance of the Polymir plant of OJSC Naftan (Novopolotsk, Republic of Belarus).

Введение

Одним из важнейших потребительских свойств полиакрилонитрильных (ПАН) волокон текстильного назначения является их способность окрашиваться красителями. Этот показатель определяется, прежде всего, мономерным композиционным составом волокнообразующих терсополимеров (ВТП), из которых формируют ПАН волокна. В практике производства ПАН волокон, с целью регулирования их окрашиваемости или других специальных свойств, в сополимеры, содержащие около 85–94 % акрилонитрила (АН) и сложноефирного сомономера (в количестве 5–15 %), как правило, вводят третий сомономер с кислотными или основными свойствами в количестве около 1,0–1,5 % [масс.]. Наиболее многочисленную группу представляют ПАН волокна на основе терсополимеров АН и метилакрилата (МА), содержащих в качестве третьего сомономера соединения с кислотными группировками [2-акриламид-2-метилпропансульфо кислоту (АМПС), итаконовую кислоту (ИтК), акриловую кислоту, п-стиролсульфоновую кислоту, металлилсульфоновую кислоту и др.] [Ahn, H. et al. (2021), Skvortsov, I. Yu. et al. (2023), He, Z. et al. (2020), Ahn, H., Yeo, S.Y. and Lee, B.-S. (2021), Nunna, S. et al. (2019).].

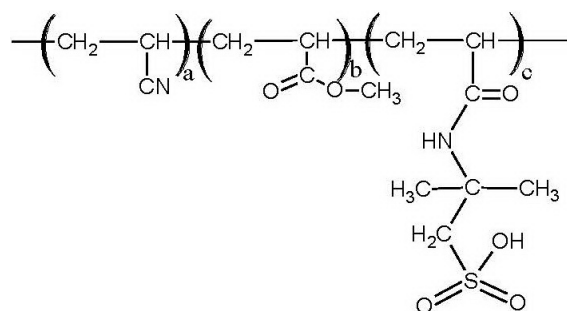
В настоящее время на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан» реализован технологический процесс производства ПАН волокна текстильного назначения марки нитрон Д на основе поли[АН(91)-со-МА(8)-со-АМПС(1)] по диметилформамидному (ДМФ) методу. При этом многолетний опыт выпуска данного ассортимента волокнистых материалов указывает на необходимость оптимизации технологического процесса их производства без ущерба для окрашиваемости катионными красителями. Исходя из этого, в первую очередь возникла необходимость оценки влияния варьирования содержания в реакционной среде кислотного сомономера на окрашиваемость и другие свойства формируемых в различных условиях гель-волокон на основе волокно-

образующих сополимеров, синтезируемых путем терсополимеризации АН, МА АМПС. Так, анализ имеющейся в открытых источниках научно-технической информации не позволил обнаружить материалы, позволяющие ответить на вопросы, каково должно быть оптимальное содержание АМПС в сополимере с целью расширения ассортимента волокнистых материалов текстильного или специального назначения, в связи с чем:

– целью данной работы явилось исследование и анализ влияния композиционного состава волокнообразующего терсополимера АН, МА и АМПС, состава и температуры осадительной ванны на свойства волокон, получаемых на его основе по диметилформамидному методу при варьировании содержания АМПС от 0 до 2,0 % (от массы мономеров в исходной реакционной смеси (РС), загружаемой в реактор полимеризации).

Объекты, методы и средства исследования

Объектом исследования явились сформованные по диметилформамидному способу в лабораторных условиях модельные волокна на основе синтезированных образцов поли[АН-со-МА-со-АМПС].



Модельные образцы поли[АН-со-МА-со-АМПС] были синтезированы с использованием стендовой лабораторной установки в соответствии с методикой, описанной ранее [Щербина, Л.А., 2020]. В ходе синтезов варьировали количество АМПС от 0 до 2 % (от массы мономеров в РС) за счет изменения доли МА. В результате

были получены образцы сополимеров, обозначенные как:

- поли[АН (91)–со–МА (9)];
- поли[АН (91)–со–МА (8,5)–со–АМПС(0,5)];
- поли[АН (91)–со–МА (8,3)–со–АМПС(0,7)];
- поли[АН (91)–со–МА (8,1)–со–АМПС(0,9)];
- поли[АН (91)–со–МА (8,0)–со–АМПС(1,0)];
- поли[АН (91)–со–МА (7,8)–со–АМПС(1,2)];
- поли[АН (91)–со–МА (7,5)–со–АМПС(1,5)];
- поли[АН (91)–со–МА (7,0)–со–АМПС(2,0)].

Предмет исследования – окрашиваемость в гелеобразном состоянии модельных полиакрилонитрильных волокон, полученных из сополимеров различного композиционного состава.

Для оценки соотношения содержания кислотного мономера (КМ) в исходной реакционной смеси и его фактического содержания в синтезированном волокнообразующем сополимере определяли содержание АМПС в модельных образцах поли[АН–со–МА–со–АМПС] методом, представленным ранее [Щербина, Л.А., 2020].

Формование модельных образцов ПАН волокон из гомогенизированных и обезвоздушенных прядильных растворов осуществляли «мокрым» методом, как в работе [Пчелова, Н.В. и др., 2020], с использованием лабораторной стандовой установки в соответствии с основными технологическими режимами, представленными в таблице 1.

Полученные при различных режимах ПАН гелеволокна промывали на перфорированной бобине периодическим способом при комнатной температуре и гидромодуле ванны не менее 100. Количество промывок составляло не менее 5. Каждая промывка длилась не менее 1 ч. Промывку вели до остаточного содержания ДМФ в волокне не более 0,1 % (масс.). Остаточное со-

держание растворителя в гелеволокне контролировали путем экстракции из него ДМФ в кипящей воде [Чеголи, А.С. и др., 1982] и последующим его определением по методу Кьельдаля.

Для имитации процесса окрашиваемости в производственных условиях полученные гелеволокна хранили в дистиллированной воде с целью сохранения гелевой структуры. Для крашения образец гелеволокна массой около 1 г помещали в коническую колбу Эрленмейера, содержащую 20 см³ дистиллированной воды, добавляли 5 см³ раствора основного красителя метиленового голубого (при концентрации красителя в растворе 0,2 % (масс.)) и 0,75 см³ 0,1 М раствора карбоната натрия. Крашение проводили при комнатной температуре в течение 120 мин при перемешивании на магнитной мешалке. Определение количества связанного красителя осуществляли по его остаточной концентрации в красильном растворе, оцениваемой спектрофотометрическим методом.

Для изучения структурно-морфологических особенностей волокон после сушки до постоянной массы при температуре 20–25 °С жгутик волокна складывали вдвое (не перекручивая), погружали в массу малоусадочного клея для увеличения компактности филаментов в жгутике и оставляли его на полиэтиленовой подложке до полного высыхания (не менее 40–50 минут). Далее на стекло наносили слой термопластичного клея, на который укладывали проклеенный образец волокна, а затем сверху наносили второй слой термопластичного клея и оставляли образец до полного отверждения (примерно на 10 минут). С помощью микротомы, перпендикулярно направлению филаментов, делали срез волокна. Полученный срез изучали в поляризованном свете с использованием микроскопа Nikon Eclipse E200.

Таблица 1 – Условия формования модельных волокнистых образцов

Table 1 – Conditions for forming model fibrous samples

Способ формования	диметилформамидный
Концентрация растворителя в осадительной ванне, %	55 или 65
Температура осадительной ванны, °С	5; 15; 35
Температура пластификационной ванны, °С	95,5
Количество отверстий в фильере, шт.	120
Пластификационная ванна	вода
Кратность пластификационного вытягивания	5

Исследование продольного вида гель-волокон, отобранных на выходе из осадительной ванны, проводили в дистиллированной воде с использованием того же микроскопа.

После окрашивания гель-волокна сушили в свободном состоянии при температуре 100 ± 105 °С до постоянной массы и далее определяли их цветовые характеристики в координатах RGB по методике [Пчелова, Н.В. и др., 2020] как среднее не менее, чем из 10 измерений. При этом учитывалось, что любой цвет в модели RGB образуется путем смешения в различных пропорциях трех базовых цветов (красного, зеленого и синего). Интенсивность каждого цвета в данной модели характеризуется числовым значением от 0 (минимальная интенсивность) до 255 (максимальная интенсивность). Таким образом, в трехмерной системе координат цветовую модель RGB можно представить в виде куба (рисунок 1).

В результате окрашивания волокна сумма координат (R+G+B) уменьшалась, соответственно снижалось значение индекса светлоты (белизны). Данный показатель предлагается оценивать индексом светлоты (белизны), x , в % (от чисто белого):

$$x = \frac{(R + G + B)}{765} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Для характеристики грифа окрашенных волокон, полученных на основе модельных сополимеров, име-

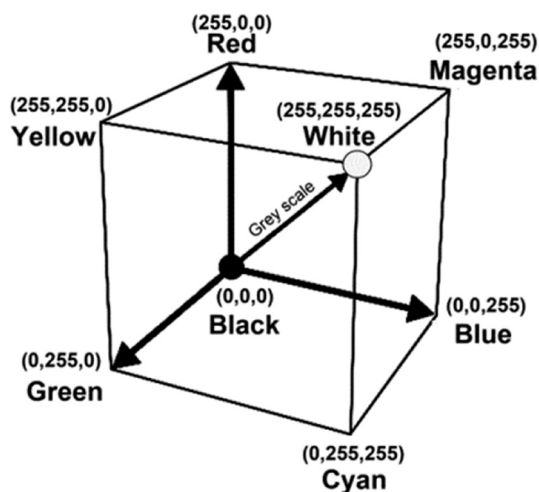


Рисунок 1 – Представление цветовой модели RGB
Figure 1 – Representation of the RGB color model

ющих различное содержание кислотного сомономера, использовали показатель «жесткости», который оценивали в баллах на основе тактильных ощущений десяти экспертов. При этом каждому из образцов выставлялась условная (субъективная) оценка жесткости его грифа от 1 балла (самый мягкий гриф) до 10 баллов (самый жесткий гриф).

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Проведенный анализ содержания кислотного сомономера в синтезированных ВТП (рисунок 2) показал, что фактическое содержание в них АМПС оказалось выше теоретически ожидаемого, рассчитанного исходя из доли данного кислотного сомономера в исходной мономерной смеси, загружаемой в реактор для синтеза ВТП.

Наблюдаемое превышение содержания кислотного сомономера в ВТП по сравнению с теоретически ожидаемым можно объяснить более высокой относительной реакционной способностью АМПС при сополимеризации с АН и МА, что было отмечено ранее [Щербина, Л.А., 2002] при изучении подобных сомономерных систем.

При наработке модельных волокон из синтезированных ВТП АН, помимо содержания в них АМПС, варьируемыми параметрами были концентрация растворителя в системе «вода – ДМФ», используемой в качестве осадительной ванны, а также ее температура. На рисунке 3 представлены результаты изучения влияния условий нитеобразования на количество красителя метиленового голубого (% (масс.)), сорбированного гель-волокном.

Из данных, представленных на рисунке 3, следует, что при формировании волокон на основе сополимеров АН количество сорбированного красителя фактически прямолинейно определяется содержанием кислотных групп в волокнообразующем сополимере и не коррелирует (в пределах ошибки измерения) с условиями формирования и достоверно не зависит от температуры осадительной ванны. Это связано с тем, что интенсивность окрашивания волокна во многом определяется доступностью кислотных групп в полимерной основе гель-волокон. В свою очередь доступность группировок (сульфогрупп), способных связывать краситель, во многом определяется плотностью упаковки макромолекул в структуре гель-волокна, формируемой в условиях фазового распада в струе прядильной жидкости, на который влияет состав осадительной ванны и ее температура, а также характер физико-химических процессов и взаимодействий в системе «полимер – растворитель – осадитель»

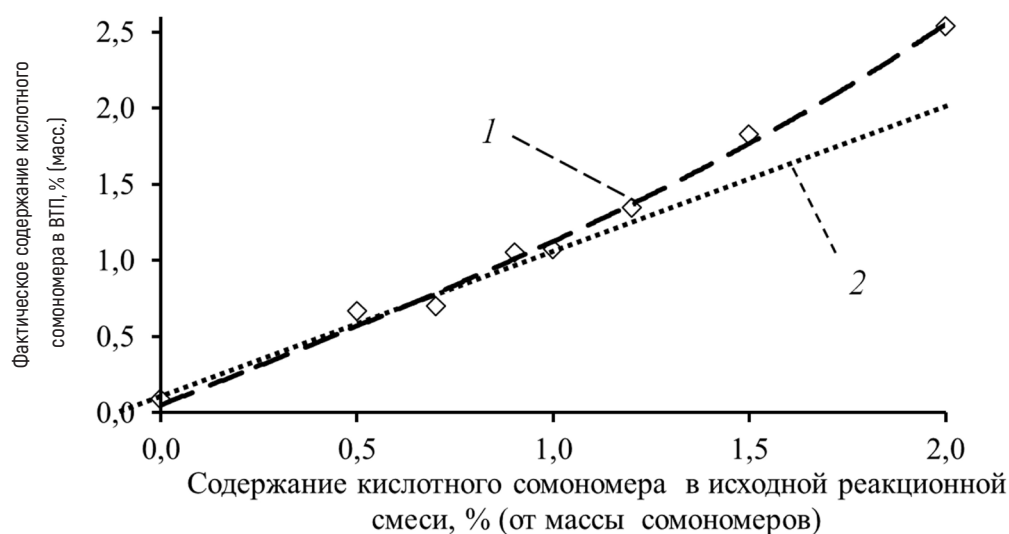


Рисунок 2 – Зависимость содержания кислотного сомономера в модельных образцах волокнообразующих сополимеров от его содержания в исходной реакционной смеси при синтезе поли[АН-со-МА-со-АМПС]:
1 – экспериментальная; 2 – линия теоретического ожидания

Figure 2 – Dependence of the acid comonomer content in model samples of fiber-forming copolymers on its content in the initial reaction mixture during the synthesis of poly[AN-co-MA-co-AMPS]:
1 – experimental; 2 – line of theoretical expectation

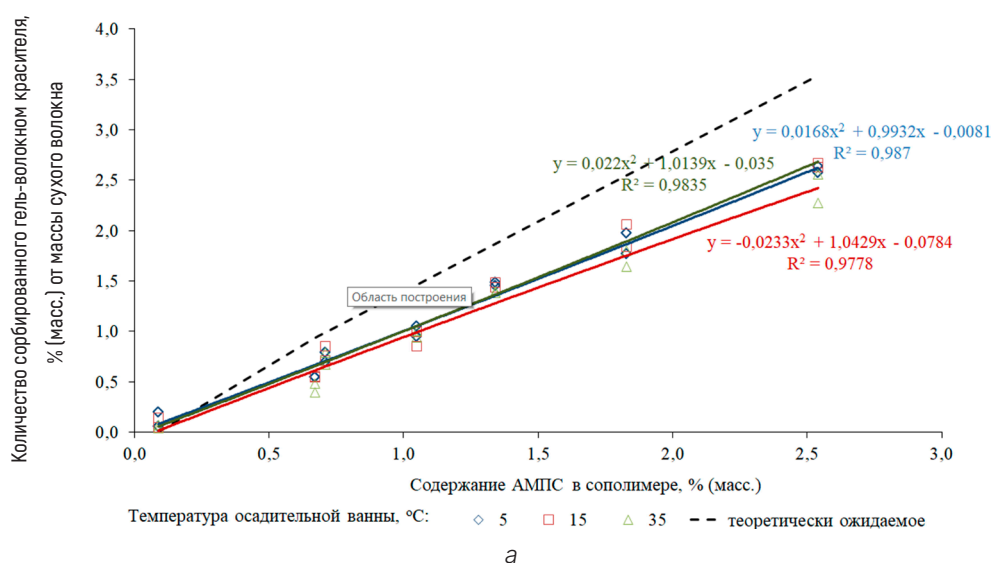


Рисунок 3 – Влияние содержания АМПС в сополимере на количество красителя метиленового голубого, сорбированного геля-волокном, при его формовании в 55%-ный (а) раствор ДМФ при различной температуре

Figure 3 – Effect of AMPS content in the copolymer on the amount of methylene blue dye sorbed by the gel fiber when it is molded into a 55 % (a) DMF solution at different temperatures

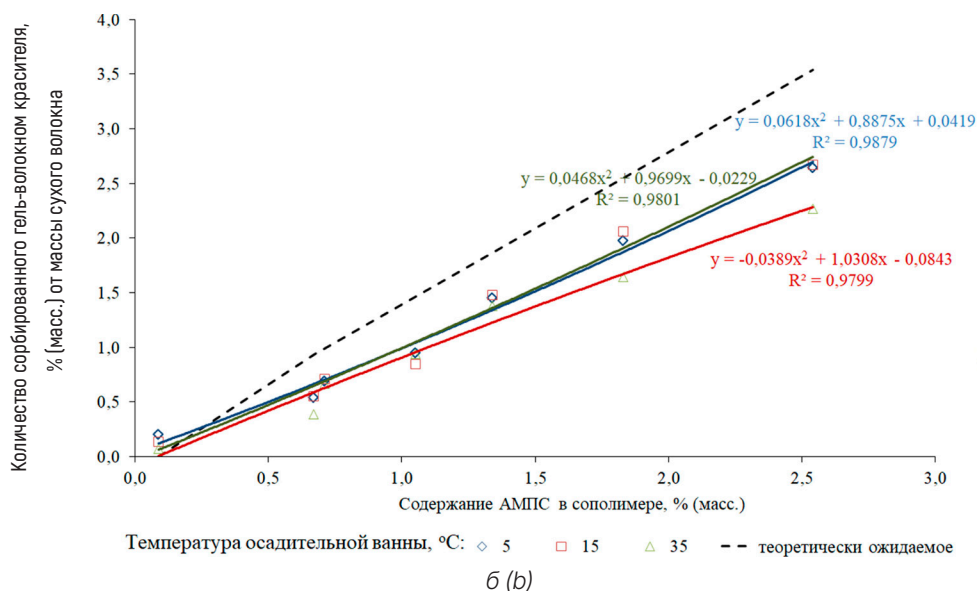


Рисунок 3 – Влияние содержания АМПС в сополимере на количество красителя метиленового голубого, сорбированного гель-волокном, при его формовании в 65%-ный (б) раствор ДМФ при различной температуре

Figure 3 – Effect of AMPS content in the copolymer on the amount of methylene blue dye sorbed by the gel fiber when it is molded into a 65 % (b) DMF solution at different temperatures

[Komarov, P. et al., 2023, Hou, C., Liang, Y. and Wang, C.-G., 2005, Wang, Y. et al., 2018].

Сопоставление данных о сорбции красителя волокнами, сформованными в 55%-ный и 65%-ный водный раствор ДМФ, указывает на то, что концентрация осадительной ванны практически не оказывала влияния в условиях данной серии экспериментов на среднее значение красителя, сорбированного волокном.

В диметилформамидном методе формования волокон на основе сополимеров АН, МА и АМПС, содержащих около 1,0 % (масс.) кислотного сомономера, в производственной практике используются осадительные ванны с концентрацией ДМФ 55–60 % (масс.) и температурой около 10–15 °С. В то же время результаты аналогичных работ показывают, что варьирование мономерного состава волокнообразующих сополимеров требует получения дополнительных экспериментальных данных по влиянию параметров осадительной ванны на морфологию полиакрилонитрильных волокон, получаемых по «мокрому» методу [Kaur, J., Millington, K. and Smith, S., 2016].

Исследование морфологии и профиля модельных волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] осуществляли путем микрофотографирования в поляризованном свете.

В таблице 2 представлены продольные виды волокон, сформованных в 55 % водный раствор ДМФ, а в таблице 3 – волокон, сформованных в 65 % водный раствор ДМФ.

Можно отметить, что при отсутствии ионогенного сомономера в сополимере на основе АН и МА образуются волокна с мелкопористой структурой, имеющие в поперечном сечении «рваную» линию внешнего периметра. Последнее объясняется наличием большого числа крупных пустот, сосредоточенных у поверхности волокна и, по-видимому, сообщающихся узким «устьем» с внешней средой.

Наиболее неоднородная структура филаментов формируется из ВТП, синтезируемых при содержании АМПС в реакционной смеси от 0 до 1,0 %. Это проявляется не только в наличии крупных пустот, но и в непрозрачности филаментов структуры волокон. Непрозрачность структуры волокон объясняется присутствием в ней большого

Таблица 2 – Продольные виды гель-волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] (до сушки), сформованных в 55 % водный раствор ДМФ (волокно отобрано из осадительной ванны до стадии пластификационного вытягивания)

Table 2 – Longitudinal views of gel fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS] (before drying), formed in a 55 % aqueous solution of DMF (the fiber was taken from the precipitation bath before the stage of plasticization stretching)

С _{АМПС} %* (С _{АМПС} %**)	Температура осадительной ванны, °С		
	5	15	35
1	2	3	4
0 (0,09)			
0,5 (0,67)			
0,7 (0,71)			
1,0 (0,96)			
1,2 (1,34)			
1,5 (1,83)			
2,0 (2,54)			

Примечание: *С_{АМПС} – содержание АМПС в реакционной смеси при синтезе поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (от массы мономеров);

**С_{АМПС} – фактическое содержание АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (масс.).

количества пор различного размера, рассеивающих видимый свет. Из ВТП, синтезированного при содержании АМПС в реакционной смеси 1,2 %, формируются оптически прозрачные волокна с видимыми крупными порами,

однако структура этих волокон более однородна, чем волокон с меньшим содержанием АМПС. Наибольшая вероятность формирования пор отмечается при более высоких температурах осадительной ванны.

Таблица 3 – Продольные виды гель-волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] (до сушки), сформованных в 65 % водный раствор ДМФ (волокно отобрано из осадительной ванны до стадии пластификационного вытягивания)

Table 3 – Longitudinal views of gel fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS] (before drying), formed in a 65 % aqueous solution of DMF (the fiber was taken from the precipitation bath before the stage of plasticization stretching)

C _{АМПС} , %* (C _{АМПС} , %**)	Температура осадительной ванны, °С		
	5	15	35
1	2	3	4
0 (0,09)			
0,5 (0,67)			
0,7 (0,71)			
0,9 (1,05)			
1,2 (1,34)			
1,5 (1,83)			
2,0 (2,54)			

Примечание: *C_{АМПС} – содержание АМПС в реакционной смеси при синтезе поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (от массы мономеров);
**C_{АМПС} – фактическое содержание АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (масс.).

Анализ полученных результатов показал, что при формировании с использованием в качестве осадительной ванны 55 %-ного раствора ДМФ увеличение доли АМПС в сополимере до 1,5–2,0 % приводит к образова-

нию более однородной структуры волокон, однако при повышенном содержании АМПС образуются склейки филаментов у фильеры, что является недопустимым.

Формирование более круглой формы поперечного сечения при увеличении температуры осадительной ванны объясняется быстрым образованием жесткой оболочки на поверхности раздела фаз [Malkin, A.Ya. et al., 2017; Chen, J. et al., 2007].

При формировании волокон в 65%-ном водном растворе ДМФ по мере увеличения количества АМПС в реакционной смеси структура волокон также становится более однородной: уменьшается количество крупных пор и уменьшается размер пор. При содержании АМПС в реакционной смеси 1,5-2,0 % (от массы мономеров) образуется равномерная, гомогенная структура. В изученном диапазоне температур осадительной ванны, при содержании АМПС до 1,2 % (масс.), образуются волокна, содержащие значительное количество пор.

В таблицах 4 и 6 приведены фотографии поперечных срезов волокон, сформованных в 55 % и 65 % водных растворах ДМФ, соответственно, при микроскопировании без иммерсионной жидкости. В таблицах 5 и 7 представлены фотографии аналогичных образцов при микроскопировании в иммерсионной жидкости (глицерине). Использование глицерина позволяет «маскировать» наиболее мелкие поры, что дает возможность делать образцы более прозрачными и более объективно оценить их морфологию.

Исследование волокон на основе сополимеров АН и МА, не содержащих АМПС, сформованных в осадительную ванну, содержащую 55 % ДМФ, показало, что в этом случае при температурах до 15 °С формируются волокна бобовидной формы, а при температуре 35 °С – неправильной формы с развитой внутренней и внешней поверхностью (таблицы 4 и 5), о чем свидетельствует «рваная» линия внешнего периметра поперечных срезов волокон и их оптическая непрозрачность. Такие волокна имеют максимальную неоднородность структуры. Волокно с подобной структурой также образуется при формировании на основе сополимера, содержащего АМПС до 0,7 %, в 65 % водном растворе ДМФ с температурой 35 °С. Тот факт, что при микроскопировании в глицерине этот образец волокна становится оптически прозрачным, говорит о том, что в волокне сформировалась равномерная, мелкопористая структура, в которой распределены крупные поры (пустоты). По мере увеличения содержания АМПС (до 2,0 %) и температуры осадительной ванны (до 35 °С) наблюдается постепенное «разворачивание» бобовидной формы поперечного среза волокон вплоть до образования круглых филаментов.

На основе полученной экспериментальной информации можно отметить, что формирование волокон из прядильных растворов на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] с использованием 65%-ного водного раствора ДМФ приводит к получению волокон с более круглой формой поперечного сечения, чего сложно достичь в 55%-ном растворе ДМФ. Изменение формы поперечного сечения объясняется изменением соотношения скоростей процессов взаимодиффузии осадителя в волокно и растворителя из волокна при изменении условий формирования волокна.

Внешний вид воздушно-сухих образцов ПАН волокон, сформованных при различных температуре и составе осадительной ванны (55%-ный и 65%-ный водный раствор ДМФ) и окрашенных в гель-состоянии красителем метиленовым голубым, позволяет сделать вывод, что по мере увеличения содержания АМПС в волокнообразующих сополимерах глубина окрашивания волокон на их основе увеличивается.

С целью снижения субъективности колористической оценки результатов крашения волокон для каждого из образцов был рассчитан индекс светлоты (белизны). Результаты расчетов проиллюстрированы на рисунках 4–7.

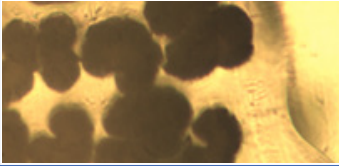
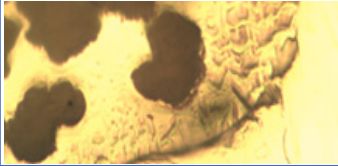
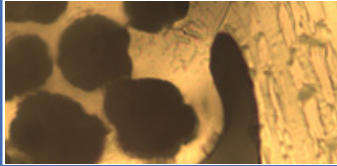
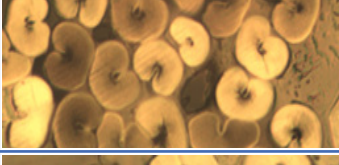


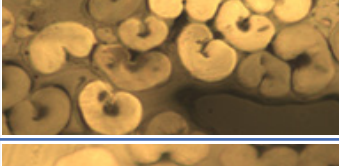

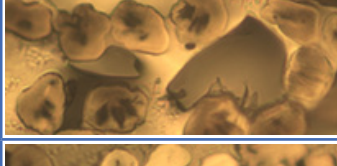
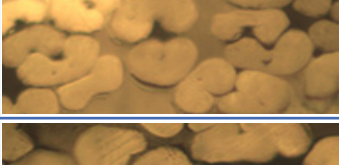
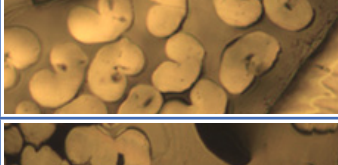
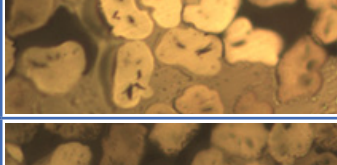
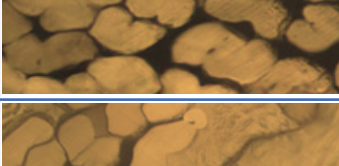
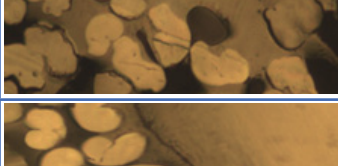
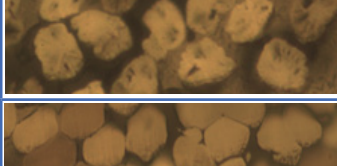

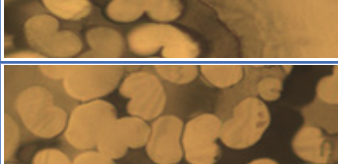
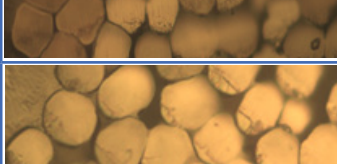
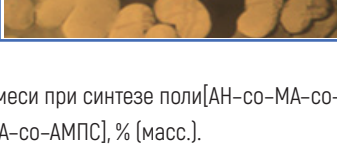
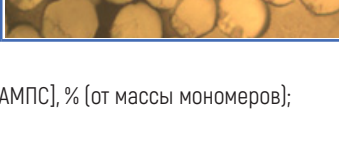
Анализ данных, представленных на рисунках 4–7, показывает, что индекс светлоты (белизны) для волокон, сформованных в 55%-ном водном растворе ДМФ, изменяется аналогично изменению этого показателя для волокон, сформованных в 65%-ном водном растворе ДМФ. Однако абсолютные значения индекса светлоты для волокон, сформованных в 55%-ном водном растворе ДМФ, выше, что может быть объяснено особенностями структуры таких волокон и распределения в ней сорбированного красителя. Температура нитеобразования не оказывает существенного влияния на индекс светлоты волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС]; повышение температуры осадительной ванны лишь незначительно повышает индекс светлоты (белизны) волокон на основе поли[АН-со-МА].

На рисунках 8 и 9 приведены результаты сравнительного анализа жесткости окрашенных образцов.

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что при проведении нитеобразования в 55 % водном растворе ДМФ формируются волокна с более мягким грифом, что обусловлено достаточно мягкими условиями этого процесса. Наиболее жесткие волокна

Таблица 4 – Поперечные срезы волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], сформированных в 55%-ный водный раствор ДМФ, после сушки при комнатной температуре (микроскопирование без иммерсионной жидкости)

Table 4 – Cross sections of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS], formed in a 55 % aqueous solution of DMF, after drying at room temperature (microscopy without immersion liquid)

C _{АМПС} %* (C _{АМПС} %**)	Температура осадительной ванны, °C		
	5	15	35
1	2	3	4
0 (0,09)			
0,5 (0,67)			
0,7 (0,71)			
1,0 (0,96)			
1,2 (1,34)			
1,5 (1,83)			
2,0 (2,54)			

Примечание: *C_{АМПС} – содержание АМПС в реакционной смеси при синтезе поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (от массы мономеров);

**C_{АМПС} – фактическое содержание АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (масс.).

Таблица 5 – Поперечные срезы волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], сформованных в 55%-ный водный раствор ДМФ, после сушки при комнатной температуре (микроскопирование в глицерине)

Table 5 – Cross sections of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS], formed in a 55 % aqueous solution of DMF, after drying at room temperature (microscopy in glycerin)

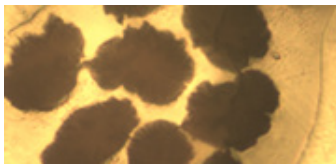
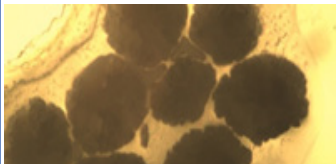
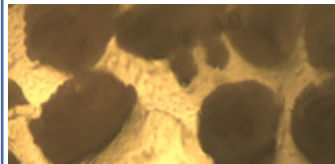

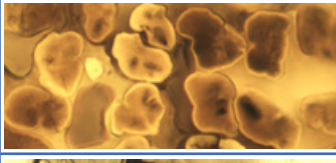
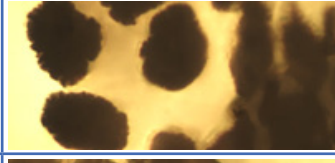
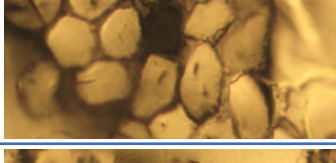
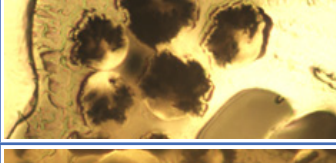
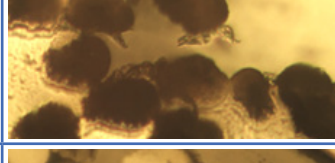

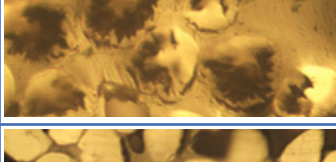
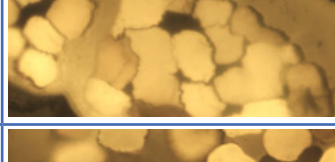
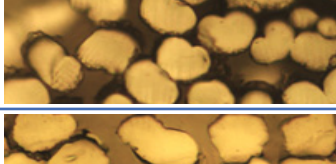
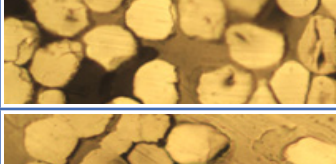
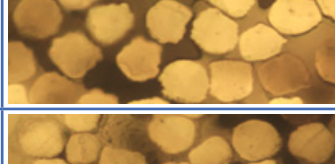
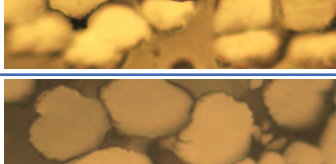
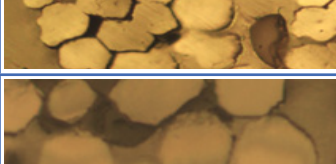
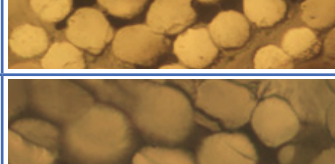

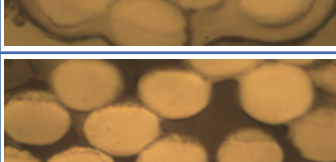

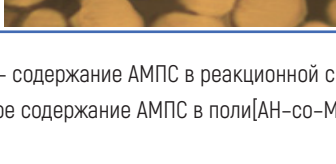
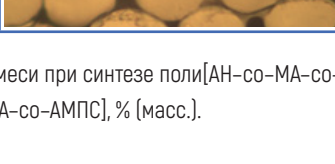
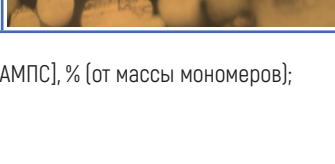
C _{АМПС} , %* (C _{АМПС} , %**)	Температура осадительной ванны, °С		
	5	15	35
1	2	3	4
0 (0,09)			
0,5 (0,67)			
0,7 (0,71)			
1,0 (0,96)			
1,2 (1,34)			
1,5 (1,83)			
2,0 (2,54)			

Примечание: *C_{АМПС} – содержание АМПС в реакционной смеси при синтезе поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (от массы мономеров);

**C_{АМПС} – фактическое содержание АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (масс.).

Таблица 6 – Поперечные срезы волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], сформованных в 65%-ный водный раствор ДМФ, после сушки при комнатной температуре (микроскопирование без иммерсионной жидкости)

Table 6 – Cross sections of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS], spun in a 65 % aqueous solution of DMF, after drying at room temperature (microscopy without immersion liquid)

$C_{\text{AMPS}} \%^*$ ($C_{\text{AMPS}} \%^{**}$)	Температура осадительной ванны, °С		
	5	15	35
1	2	3	4
0 (0,09)			
0,5 (0,67)			
0,7 (0,71)			
0,9 (1,05)			
1,0 (0,96)			
1,2 (1,34)			
1,5 (1,83)			
2,0 (2,54)			

Примечание: * C_{AMPS} – содержание АМПС в реакционной смеси при синтезе поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (от массы мономеров);

** C_{AMPS} – фактическое содержание АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (масс.).

Таблица 7 – Поперечные срезы волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], сформованных в 65%-ный водный раствор ДМФ, после сушки при комнатной температуре (микроскопирование в глицерине)

Table 7 – Cross sections of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS], formed in a 65 % aqueous solution of DMF, after drying at room temperature (microscopy in glycerin)

C _{АМПС} %* (C _{АМПС} %**)	Температура осадительной ванны, °С		
	5	15	35
1	2	3	4
0 (0,09)			
0,5 (0,67)			
0,7 (0,71)			
0,9 (1,05)			
1,0 (0,96)			
1,2 (1,34)			
1,5 (1,83)			
2,0 (2,54)			

Примечание: *C_{АМПС} – содержание АМПС в реакционной смеси при синтезе поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (от массы мономеров);

**C_{АМПС} – фактическое содержание АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС], % (масс.).

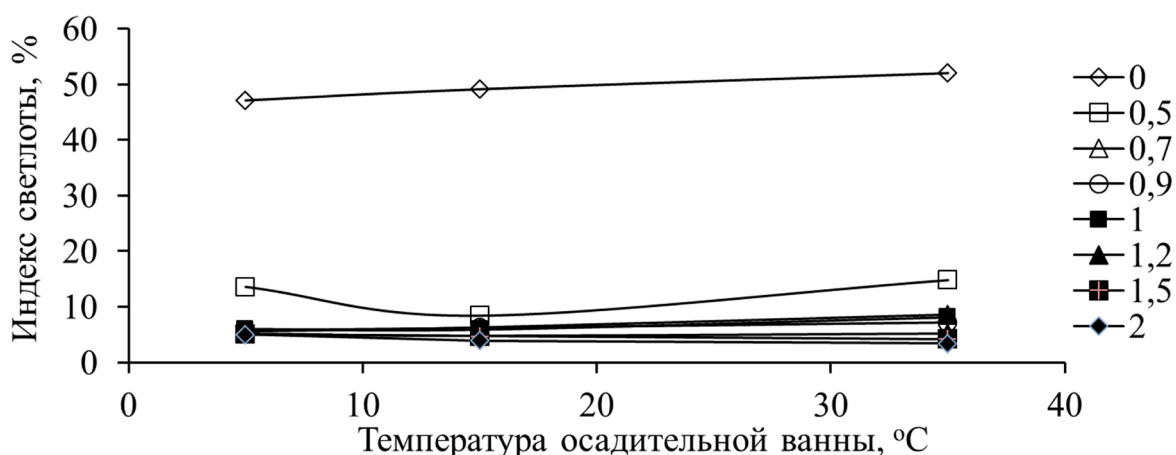


Рисунок 4 – Зависимость индекса светлоты (белизны) волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания АМПС в реакционной смеси и температуры осадительной ванны (55%-ный водный раствор ДМФ)

Figure 4 – Dependence of the lightness index (whiteness) of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS], colored with methylene blue dye in the gel state, on the content of AMPS in the reaction mixture and the temperature of the coagulation bath (55 % aqueous DMF solution)

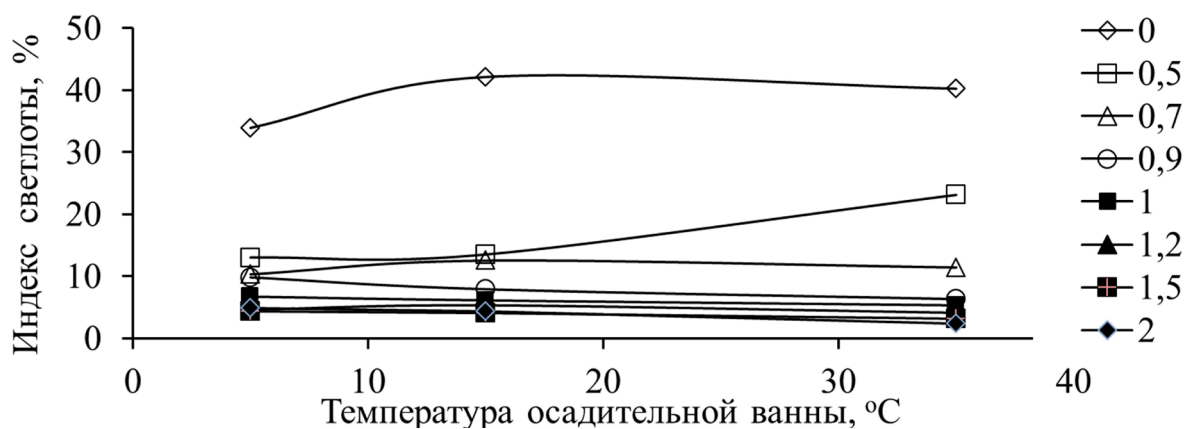


Рисунок 5 – Зависимость индекса светлоты (белизны) волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания АМПС в реакционной смеси и температуры осадительной ванны (65%-ный раствор ДМФ)

Figure 5 – Dependence of the lightness index (whiteness) of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS], colored with methylene blue dye in the gel state, on the content of AMPS in the reaction mixture and the temperature of the coagulation bath (65 % DMF solution)

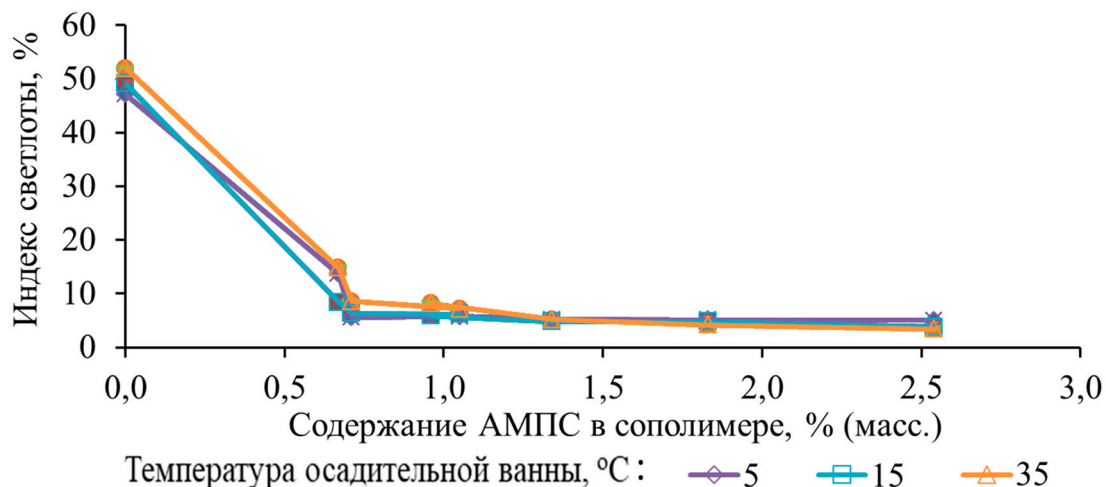


Рисунок 6 – Зависимость индекса светлоты (белизны) волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания АМПС в сополимере (осадительная ванна – 55%-ный водный раствор ДМФ с температурой 5, 15, 35 °С)

Figure 6 – Dependence of the lightness index (whiteness) of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS], colored with methylene blue dye in the gel state, on the content of AMPS in the copolymer (coagulation bath – 55 % aqueous solution of DMF at a temperature of 5, 15, 35 °C)

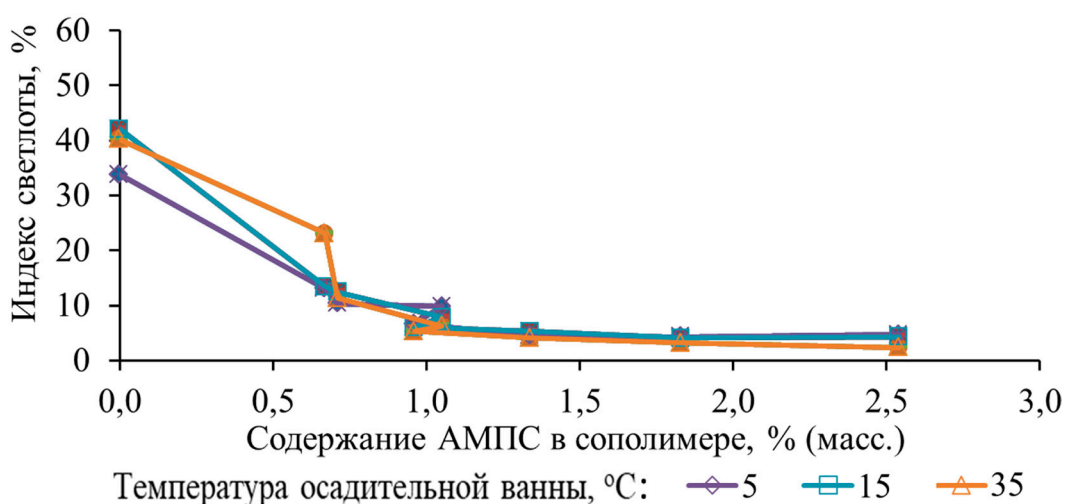


Рисунок 7 – Зависимость индекса светлоты (белизны) волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС], окрашенных красителем метиленовым голубым в гель-состоянии, от содержания АМПС в сополимере (осадительная ванна – 65%-ный раствор ДМФ с температурой 5, 15, 35 °С)

Figure 7 – Dependence of the lightness index (whiteness) of poly[AN-co-MA-co-AMPS]-based fibers, colored with methylene blue dye in the gel state, on the AMPS content in the copolymer (coagulation bath – 65 % DMF solution at temperature 5, 15, 35 °C)

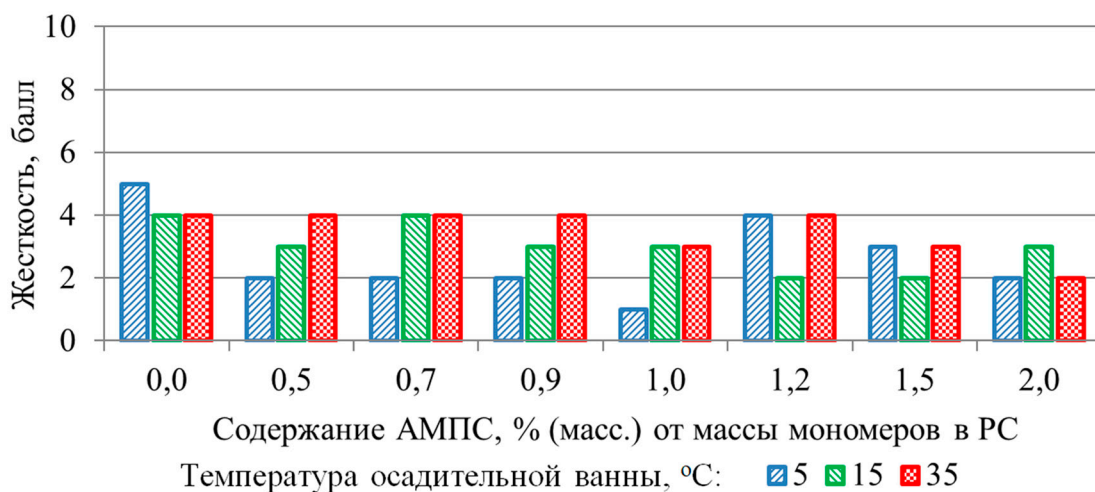


Рисунок 8 – Влияние содержания АМПС в реакционной смеси и температуры осадительной ванны на жесткость волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] (55%-ный водный раствор ДМФ)
 Figure 8 – Effect of AMPS content in the reaction mixture and coagulation bath temperature on the stiffness of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS] (55 % aqueous solution of DMF)

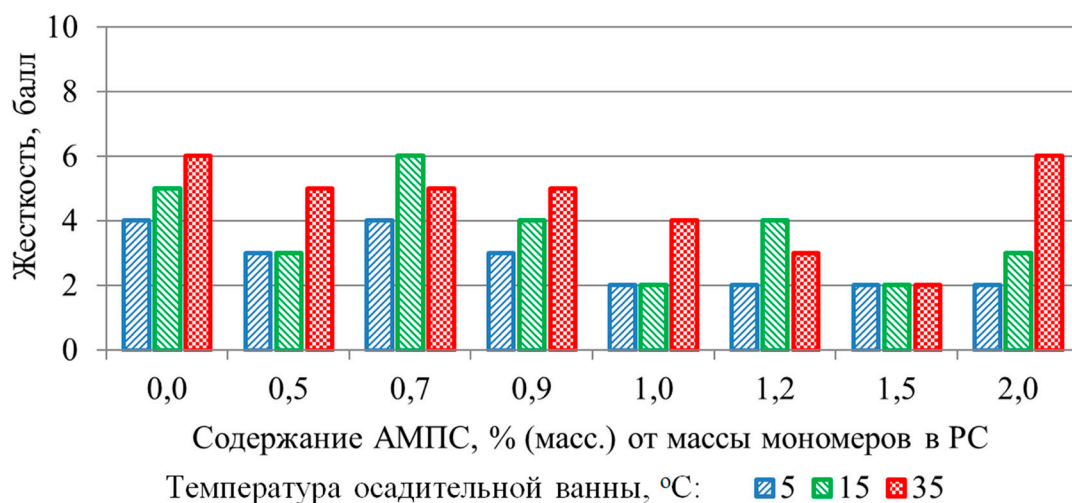


Рисунок 9 – Влияние содержания АМПС в реакционной смеси и температуры осадительной ванны на жесткость волокон на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] (65%-ный водный раствор ДМФ)
 Figure 9 – Effect of AMPS content in the reaction mixture and coagulation bath temperature on the stiffness of fibers based on poly[AN-co-MA-co-AMPS] (65 % aqueous solution of DMF)

получаются при минимальном (0 %) и максимальном (2,0 %) содержании кислотного сомономера в ВТП.

Выводы

Результаты проведенной работы позволяют отметить влияние композиционного состава сополимеров, состава и температуры осадительной ванны на свойства волокон, получаемых из волокнообразующих терсополимеров акрилонитрила (АН), метилакрилата (МА) и 2-акриламид-2-метилпропансульфоукислоты (АМПС).

Показано, что фактическое содержание АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС] выше, чем в мономерной реакционной смеси, что может быть объяснено большей относительной реакционной способностью этого мономера в реакциях свободно-радикальной сополимеризации с АН и МА.

Крашение полиакрилонитрильных волокон на основе рассматриваемых ВТП в гель-состоянии показало, что количество сорбированного красителя и индекс светлоты практически прямо пропорциональны содержанию кислотного сомономера в поли[АН-со-МА-со-АМПС] и достоверно не зависят от температуры осадительной ванны. Максимальное снижение индекса светлоты наблюдается при повышении содержания АМПС от 0 до 0,7 %. При дальнейшем увеличении содержания АМПС в сополимере до 2,0 % (от массы мономеров в реакционной смеси) наблюдается незначительное снижение индекса светлоты.

Микроскопирование образцов модельных волокон, отобранных до и после сушки, позволило установить существенное влияние композиционного состава сополимера, а также состава и температуры осадительной ванны на морфологическую структуру и профиль полученных волокнистых материалов. Смягчение условий формования путем снижения температуры и увеличения содержания растворителя в осадительной ванне повышает структурную однородность филаментов. Наиболее однородная структура характерна для волокон, полученных на основе сополимеров АН, МА и АМПС при содержании последней 1,0–2,0 % (от массы мономеров в реакционной среде). При значительном увеличении содержания АМПС в реакционной смеси (до 2 % от массы мономеров) формируется волокно с однородной, но слишком пластичной структурой, что приводит к формированию легко деформирующихся филаментов, способных к образованию склеек в жгутике.

Анализ полученных результатов микрокопирования позволяет сделать предварительные выводы о том, что для волокнообразующих сополимеров АН, МА и АМПС оптимальное содержание АМПС, с точки зрения однородности структуры волокон, может находиться в диапазоне между 1,0 и 1,5 % (от массы мономеров в реакционной смеси).

В ходе выполнения работы получена информация, необходимая для прогнозирования и управления свойствами полиакрилонитрильных волокнистых материалов, формируемых по диметилформамидному методу, в случае варьирования содержания АМПС в поли[АН-со-МА-со-АМПС] и условий нитеобразования (состава и температуры осадительной ванны). Анализ полученных результатов позволяет сделать предварительные выводы о том, что оптимальная дозировка АМПС при синтезе сополимеров АН, МА и АМПС с точки зрения достижения максимальной степени окрашивания и минимальной жесткости получаемых волокон должна находиться в диапазоне от 0,9 до 1,3 % (от массы мономеров в реакционной смеси). Увеличение содержания АМПС в реакционной смеси свыше 1,1–1,2 % (от массы мономеров) фактически не оказывает существенного влияния на глубину окрашивания ПАН волокон по данной технологии, а снижение содержания АМПС в реакционной смеси, напротив, приводит к получению волокон с недостаточной интенсивностью окраски. Нежелательные колебания дозировки АМПС при его содержании в реакционной смеси до 1,0 % (от массы мономеров) приведет к существенной разнооттеночности ПАН волокна. При содержании АМПС в реакционной смеси свыше 1,0 % (от массы мономеров) колебания этого показателя незначительно сказываются на глубине окрашивания ПАН волокон.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Пчелова, Н. В., Щербина, Л. А., Городнякова, И. С. и Будкуте, И. А. (2020). Исследование влияния условий формования на окрашиваемость гель-волокон из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 [39], С. 118–129. doi: org/10.24411/2079-7958-2020-13912.

Чеголи, А. С. и Кваша, Н. М. (1982). *Аналитический контроль производства синтетических волокон*. Москва: Химия, СССР.

Щербина, Л. А. (2002). *Разработка и внедрение синтеза волокнообразующего терсополимера акрилонитрила в гидротропном растворителе*, дис. канд. тех. наук: 05.17.06, Минск, 2002, 161 с.

Щербина, Л. А. (2020). Синтез и свойства сополимеров на основе акрилонитрила и 2-акриламид-2-метилпропансульфонокислоты, *Химические волокна*, № 6, С. 24–29.

Ahn, H., Yeo, S. Y. and Lee, B.-S. (2021). Designing Materials and Processes for Strong Polyacrylonitrile Precursor Fibers, *Polymers*, № 13, pp. 2863–2882. doi: 10.3390/polym13172863.

Ahn, H., Wee, J.-H., Kim, Y. M., Yu, W.-R. and Yeo, S.-Y. (2021). Microstructure and Mechanical Properties of Polyacrylonitrile Precursor Fiber with Dry and Wet Drawing Process, *Polymers*, № 13, pp. 1613–1625. doi: org/10.3390/polym13101613.

Chen, J., Ge, H.-Y., Dong, X.-G. and Wang, C.-G. (2007). The formation of polyacrylonitrile nascent fibers in wet spinning process / Journal of Applied Polymer Science, *J. of Appl. Polym. Sci.*, № 106 (1), pp. 692–696. doi: 10.1002/app.26700.

He, Z., Li, Y., Xiao, Z., Jiang, H., Zhou, Y. and Luo, D. (2020). Synthesis and Preparation of (Acrylic Copolymer) Ternary System Peelable Sealing Decontamination Material, *Polymers*, № 12, pp. 1556–1573. doi:10.3390/polym12071556.

Hou, C., Liang, Y. and Wang, C.-G. (2005). Determination of the Diffusion Coefficient of H₂O in Polyacrylonitrile Fiber Formation, *Journal of Polymer Research*, Vol. 12, pp. 49–52. doi: 10.1007/s10965-004-1729-6.

Kaur, J., Millington, K. and Smith, S. (2016). Producing high-quality precursor polymer and fibers to achieve theoretical strength in carbon fibers: A review, *J. Appl. Polym. Sci.*, № 133 (38), pp. 102–116. doi: 10.1002/APP43963.

Komarov, P., Malyshev, M., Baburkin, P. and Guseva, D. (2023). Mesoscale Simulations of Structure Formation in Polyacrylonitrile Nascent Fibers Induced by Binary Solvent Mixture, *Int. J. Mol. Sci.*, № 24 (11), pp. 9312–9329. doi: org/10.3390/ijms24119312.

Malkin, A. Ya., Semakov, A. V., Skvortsov, I. Yu., Zatonikhin, P., Kulichikhin, V. G., Subbotin, A. V. and Semenov, A. N. (2017). Spinnability of Dilute Polymer Solutions, *Macromolecules*, № 50 (20), p. 8231–8244. doi: 10.1021/acs.macromol.7b00687.

Nunna, S., Blanchard, P., Buckmaster, D., Davis, S. and Naebe, M. (2019). Development of a cost model for the production of carbon fibres, *Heliyon*, № 5, pp. 45–56. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02698.

Skvortsov, I. Y., Kuzin, M. S., Vashchenko, A. F., Toms, R. V., Varfolomeeva, L. A., Chernikova, E. V., Shambilova, G. K. and Kulichikhin, V. G. (2023). Fiber Spinning of Polyacrylonitrile Terpolymers Containing Acrylic Acid and Alkyl Acrylates, *Fibers*, № 11, pp. 65–81. doi: 10.3390/fib11070065.

Wang, Y., Tong, Y., Zhang, B., Su, H. and Xu, L. (2018). Formation of Surface Morphology in Polyacrylonitrile (PAN) Fibers during Wet-Spinning, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 13, Iss. 2, pp. 52–57.

REFERENCES

Pchelova, N. V., Shcherbina, L. A., Gorodnyakova, I. S. and Budkute, I. A. (2020). Study of the influence of molding conditions on the dyeability of gel fibers from copolymers of acrylonitrile, methyl acrylate and itaconic acid [Issledovanie vliyaniya uslovij formovaniya na nakrashivaemost' gel'-volokon iz sopolimerov akrilonitrila, metilakrilata i itakonovoj kisloty]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 2 [39], P. 118–129. doi: org/10.24411/2079-7958-2020-13912 [In Russian].

Chegoli, A. S. and Kvascha, N. M. (1982). *Analiticheskij kontrol' proizvodstva sinteticheskikh volokon* [Analytical control of synthetic fiber production]. Moscow: Himiya, USSR [In Russian].

Shcherbina, L. A. (2002). *Razrabotka i vnedrenie sinteza voloknoobrazuyushchego tersopolimera akrilonitrila v gidrotropnom rastvoritele* [Development and implementation of the synthesis of fiber-forming acrylonitrile tercopolymer in a hydrotropic solvent], dis. kand. tekhn. nauk: 05.17.06, Minsk, 2002, 161 p. (In Russian).

Shcherbina, L. A. (2020). Synthesis and properties of copolymers based on acrylonitrile and 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid [Sintez i svoystva sopolimerov na osnove akrilonitrila i 2-akrilamid-2-metilpropansulfokisloty], *Himicheskie volokna = The chemical fibers*, № 6, pp. 24–29. (In Russian).

Ahn, H., Yeo, S. Y. and Lee, B.-S. (2021). Designing Materials and Processes for Strong Polyacrylonitrile Precursor Fibers, *Polymers*, № 13, pp. 2863–2882. doi: 10.3390/polym13172863.

Ahn, H., Wee, J.-H., Kim, Y. M., Yu, W.-R. and Yeo, S.-Y. (2021). Microstructure and Mechanical Properties of Polyacrylonitrile Precursor Fiber with Dry and Wet Drawing Process, *Polymers*, № 13, pp. 1613–1625. doi: org/10.3390/polym13101613.

Chen, J., Ge, H.-Y., Dong, X.-G. and Wang, C.-G. (2007). The formation of polyacrylonitrile nascent fibers in wet spinning process / Journal of Applied Polymer Science, *J. of Appl. Polym. Sci.*, № 106 (1), pp. 692–696. doi: 10.1002/app.26700.

He, Z., Li, Y., Xiao, Z., Jiang, H., Zhou, Y. and Luo, D. (2020). Synthesis and Preparation of (Acrylic Copolymer) Ternary System Peelable Sealing Decontamination Material, *Polymers*, № 12, pp. 1556–1573. doi:10.3390/polym12071556.

Hou, C., Liang, Y. and Wang, C.-G. (2005). Determination of the Diffusion Coefficient of H₂O in Polyacrylonitrile Fiber Formation, *Journal of Polymer Research*, Vol. 12, pp. 49–52. doi: 10.1007/s10965-004-1729-6.

Kaur, J., Millington, K. and Smith, S. (2016). Producing high-quality precursor polymer and fibers to achieve theoretical strength in carbon fibers: A review, *J. Appl. Polym. Sci.*, № 133 (38), pp. 102–116. doi: 10.1002/APP43963.

Komarov, P., Malyshev, M., Baburkin, P. and Guseva, D. (2023). Mesoscale Simulations of Structure Formation in Polyacrylonitrile Nascent Fibers Induced by Binary Solvent Mixture, *Int. J. Mol. Sci.*, № 24 (11), pp. 9312–9329. doi: org/10.3390/ijms24119312.

Malkin, A. Ya., Semakov, A. V., Skvortsov, I. Yu., Zatonikhin, P., Kulichikhin, V. G., Subbotin, A. V. and Semenov, A. N. (2017). Spinnability of Dilute Polymer Solutions, *Macromolecules*, № 50 (20), p. 8231–8244. doi: 10.1021/acs.macromol.7b00687.

Nunna, S., Blanchard, P., Buckmaster, D., Davis, S. and Naebe, M. (2019). Development of a cost model for the production of carbon fibres, *Heliyon*, № 5, pp. 45–56. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02698.

Skvortsov, I. Y., Kuzin, M. S., Vashchenko, A. F., Toms, R. V., Varfolomeeva, L. A., Chernikova, E. V., Shambilova, G. K. and Kulichikhin, V. G. (2023). Fiber Spinning of Polyacrylonitrile Terpolymers Containing Acrylic Acid and Alkyl Acrylates, *Fibers*, № 11, pp. 65–81. doi: 10.3390/fib11070065.

Wang, Y., Tong, Y., Zhang, B., Su, H. and Xu, L. (2018). Formation of Surface Morphology in Polyacrylonitrile (PAN) Fibers during Wet-Spinning, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 13, Iss. 2, pp. 52–57.

Информация об авторах

Information about the authors

Пчелова Наталья Владимировна

Старший преподаватель кафедры «Химия и технология высокомолекулярных соединений», Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь.

E-mail: htvm@tut.by

Козловская Ирина Сергеевна

Старший преподаватель кафедры «Химия и технология высокомолекулярных соединений», Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь.

Natallia V. Pchalova

Senior Lecturer at the Department «Chemistry and Technology of High-Molecular Compounds», Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus.

E-mail: htvm@tut.by

Iryna S. Kozlovskaya

Senior Lecturer at the Department «Chemistry and Technology of High-Molecular Compounds», Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus.

Будкоте Ирина Александровна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и технология высокомолекулярных соединений», Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь.

Щербина Леонид Александрович

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Химия и технология высокомолекулярных соединений», Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь.

Iryna A. Budkute

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department «Chemistry and Technology of High-Molecular Compounds», Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus.

Leonid A. Shcherbina

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor, Chair of the Department «Chemistry and Technology of High-Molecular Compounds», Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus.

Современные методы сбора и обработки информации о рынке труда и направления их использования в практике управления человеческими ресурсами

И. Н. Калиновская *Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье представлены результаты исследования методов получения данных о рынке труда из веб-источников. Актуальность исследований обусловлена необходимостью поиска инновационных методов сбора и анализа данных о рынке труда, обеспечивающих получение полной, достоверной и своевременной информации в условиях цифровой трансформации общества.

Цель исследования – сравнение методов сбора и анализа информации, выявление их преимуществ и недостатков. Методологическая база исследований опирается на междисциплинарный подход, объединяя методы науки о данных, машинного обучения, обработки естественного языка и управления человеческими ресурсами. Эмпирическая база – результаты экспертного опроса руководителей белорусских IT-компаний, данные платформы Artificial Analysis.

Определено, что большие языковые модели (LLM) превосходят другие методы по скорости, качеству и простоте использования. Представлен рейтинг топ-10 моделей, в котором GPT-4o признана самой эффективной. GPT-4o определена как приоритетная для бизнес-задач и экономического анализа. Выявлены преимущества и недостатки методов сбора и анализа данных.

Научная новизна исследований состоит в получении новых теоретических и эмпирических результатов, раскрывающих потенциал использования LLM для получения данных о рынке труда, а также в определении приоритетных направлений развития методологии и инструментария в этой области.

Практическая значимость заключается в разработке методики сравнительного анализа эффективности методов сбора и анализа информации о рынке труда с веб-источников; обосновании перспективных направлений развития методов сбора информации, открывающих возможности для создания инновационных решений в области управления человеческими ресурсами на базе искусственного интеллекта и обработки больших данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке «Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований» в рамках научного проекта «Теоретические подходы и методическое обеспечение анализа рынка труда в Республике Беларусь с применением больших данных» № Г24-013.

Ключевые слова: большие языковые модели, парсинг веб-страниц, API, RSS-каналы, сбор данных, анализ рынка труда.

Информация о статье: поступила 27 мая 2024 года.

Modern methods of collecting and processing information about the labour market and the directions of their use in the practice of human resource management

Iryna N. Kalinouskaya *Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus*

Abstract. The article presents the results of a study on methods for obtaining labour market data from web sources. The relevance of the research stems from the need to explore innovative approaches to collecting and analyzing labour market data, ensuring comprehensive, reliable, and timely information in the context of the digital transformation of society.

The purpose of the study is to compare the methods of collecting and analyzing information, to identify their advantages and disadvantages. Methodologically, an interdisciplinary approach combines the methods of data science, machine learning, natural language processing and human resource management. Empirically, the study draws from expert surveys conducted with heads of Belarusian IT companies and data sourced from the Artificial Analysis platform.

Key findings reveal that large language models (LLM) outperform other methods in terms of speed, quality and ease of use. Among the top 10 models, GPT-4o is recognized as the most effective, prioritized for business tasks and economic

analysis. The advantages and disadvantages of data collection and analysis methods are revealed. The scientific novelty of the research consists in obtaining new theoretical and empirical results that reveal the potential of using LLM to obtain data on the labour market, as well as in identifying priority areas for the development of methodology and tools in this area. The practical significance lies in the development of a methodology for comparative analysis of the effectiveness of methods for collecting and analyzing information about the labour market from web sources; substantiation of promising directions for the development of information collection methods that open up opportunities for creating innovative solutions in the field of human resource management based on artificial intelligence and big data processing.

Financial support for the research was provided by the Belarusian Republican Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No Г24-013 "Theoretical approaches and methodological support for labour market analysis in the Republic of Belarus using big data".

Keywords: large language models, web page parsing, API, RSS feeds, data collection, labour market analysis.

Article info: received May 27, 2024.

Введение

Быстрые изменения в структуре экономики, технологические сдвиги и растущая глобальная конкуренция делают критически важным наличие у всех участников рынка труда (работодателей, соискателей, государственных органов) своевременной и достоверной информации о трендах в требованиях к навыкам и компетенциям. От способности оперативно выявлять и реагировать на эти тренды зависит экономическая эффективность и конкурентоспособность организаций, сбалансированность спроса и предложения труда в экономике, успешность профессиональных и карьерных траекторий работников.

Традиционные методы анализа рынка труда, основанные на данных государственной статистики, опросах работодателей и экспертных оценках, зачастую не позволяют в полной мере уловить стремительные изменения в требованиях к навыкам, особенно в высокотехнологичных и инновационных отраслях. Это приводит к негативным последствиям для экономики: организации испытывают дефицит необходимых специалистов и теряют в производительности, система образования готовит кадры с неактуальными компетенциями, увеличиваются расходы государства на переобучение безработных, тормозится внедрение новых технологий.

В этом контексте огромный потенциал для повышения качества и оперативности анализа рынка труда представляют новые подходы, основанные на применении технологий обработки больших данных и искусственного интеллекта, такие как использование больших языковых моделей (LLM). LLM позволяют извлекать актуальную информацию о требованиях к навыкам из огромных массивов данных о вакансиях, резюме,

профилях сотрудников в реальном времени, выявлять скрытые закономерности и тренды, недоступные для традиционных методов анализа.

Широкое внедрение подходов на базе LLM в практику анализа рынка труда может дать значительный экономический эффект. Организации получают возможность быстро адаптировать свою кадровую политику и инвестиции в обучение под меняющиеся требования, повышая продуктивность и экономя на затратах на найм и удержание работников. Государство сможет повысить эффективность политики занятости и образования, снизить дисбалансы на рынке труда и расходы на социальную поддержку безработных. Индивиды смогут делать более информированный выбор профессии и траектории развития своих навыков, повышая свою конкурентоспособность и доходы.

Актуальность темы сбора и анализа информации из онлайн-источников о рынке труда обусловлена следующими факторами:

- быстрые изменения на рынке труда: технологический прогресс, глобализация и экономические сдвиги приводят к постоянным изменениям в структуре занятости и требованиях к навыкам и компетенциям сотрудников организаций;
- необходимость принятия обоснованных кадровых решений: доступ к актуальной информации о рынке труда позволяет работодателям принимать более взвешенные решения при найме, обучении и развитии сотрудников;
- важность для соискателей: понимание текущих тенденций и требований рынка труда помогает соискателям выбирать перспективные направления для развития карьеры и приобретения востребованных компетен-

ций;

– большой объем данных в интернет-пространстве: онлайн-источники (сайты по поиску работы, профессиональные сообщества, социальные сети и др.) содержат огромное количество информации о вакансиях, требованиях работодателей и профессиональных профилях.

Целью данного исследования является изучение и сравнение различных методов сбора и анализа информации из онлайн-источников для проведения эффективной оценки рынка труда, выявление их преимуществ и недостатков.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. Изучить и проанализировать методы сбора и анализа информации из онлайн-источников, включая парсинг веб-страниц, использование API, работу с RSS-каналами и применение больших языковых моделей.
2. Выявить преимущества и недостатки каждого метода в контексте задач анализа рынка труда с учетом факторов, имеющих первостепенное значение при выборе метода получения информации.
3. Провести сравнительный анализ больших языковых моделей на основании критериев оценки публичной платформы ArtificialAnalysis.
4. Определить перспективные направления развития методов сбора и анализа информации о рынке труда и потенциальные области для дальнейших исследований.

Решение данных задач позволит получить комплексное понимание возможностей и ограничений различных методов сбора и анализа информации из онлайн-источников о рынке труда, что, в свою очередь, даст возможность работодателям, соискателям и специалистам по управлению человеческими ресурсами принимать более обоснованные решения и эффективно адаптироваться к изменяющимся условиям рынка.

Гипотеза исследования: использование больших языковых моделей (LLM) является наиболее эффективным и перспективным методом сбора и анализа информации о рынке труда по сравнению с традиционными подходами, такими как парсинг веб-страниц, использование API и RSS-каналов.

Предположения гипотезы:

– LLM способны обрабатывать и анализировать большие объемы неструктурированных текстовых данных, таких как описания вакансий, резюме, отзывы сотрудников и другую информацию, присутствующую в открытых онлайн-источниках. Это позволяет получать

более полную и разностороннюю картину рынка труда по сравнению с использованием только структурированных данных, доступных через API или RSS-каналы;

– современные архитектуры LLM, такие как трансформеры и модели с механизмом внимания, обладают способностью глубоко понимать контекст, улавливать семантические нюансы и извлекать информацию из текстов, связанных с рынком труда. Это обеспечивает высокую точность и качество полученных данных, сопоставимые или превосходящие результаты, достигаемые с помощью традиционных методов сбора и анализа информации;

– унифицированный интерфейс взаимодействия с LLM и возможность тонкой настройки предобученных моделей под конкретные задачи анализа рынка труда делают их более простыми в использовании и внедрении по сравнению с разработкой и поддержкой специализированных инструментов для парсинга веб-страниц или интеграции с множеством разнородных API;

– масштабируемость LLM позволяет эффективно обрабатывать растущие объемы данных о рынке труда и адаптироваться к новым источникам информации без значительного увеличения вычислительных ресурсов или затрат на разработку. Это делает их более подходящими для долгосрочного использования в условиях постоянно меняющегося рынка труда;

– стоимость использования LLM для сбора и анализа данных о рынке труда может быть оптимизирована за счет применения предобученных моделей, трансферного обучения и возможности обработки неструктурированных данных из открытых источников. Это потенциально делает LLM более экономически эффективным решением по сравнению с затратами на приобретение доступа к платным API или разработку и поддержку специализированных инструментов парсинга.

Для проверки данной гипотезы планируется провести сравнительный анализ эффективности использования LLM и традиционных методов сбора и анализа информации (парсинг веб-страниц, API, RSS-каналы) на основе ряда критериев, таких как скорость, качество, простота использования, масштабируемость и стоимость. Также будет приведено ранжирование топ-10 современных LLM в соответствии с их показателями производительности.

Ожидается, что результаты исследования продемонстрируют превосходство LLM над традиционными методами сбора и анализа информации о рынке труда

по ключевым параметрам эффективности и обоснуют целесообразность их приоритетного использования в данной области. Подтверждение гипотезы будет иметь важное значение для исследователей, разработчиков и организаций, занимающихся анализом рынка труда, стимулируя дальнейшие исследования, разработки и внедрение LLM в практику принятия решений в сферах управления человеческими ресурсами, развития карьеры и формирования государственной политики занятости.

Проблемой сбора и анализа информации о рынке труда с использованием онлайн-источников занимаются многие исследователи:

– Ф. Стивен, Ф. Бреземан, М. Грэм (Stephany, Braesemann & Graham, 2020) применили методы веб-скрапинга и анализа больших данных для изучения влияния пандемии COVID-19 на рынок труда в США и Великобритании. При этом они обнаружили значительные различия в динамике спроса на навыки в зависимости от отрасли и региона, а также выявили потенциальные долгосрочные изменения в структуре занятости;

– М. Мамертино и Т. М. Синклер (Mamertino & Sinclair, 2016) использовали данные с сайта Indeed для анализа динамики рынка труда в США. Собранные данные позволили выявить изменения в структуре спроса на профессии, географическое распределение вакансий и влияние экономических факторов на рынок труда;

– Р. Боселли, М. Чезарини, Ф. Меркорио, М. Меццананика (Boselli, Cesarini, Mercorio & Mezzanica, 2018; Mezzanica & Mercorio, 2018) воспользовались методами машинного обучения и обработки естественного языка для классификации и анализа вакансий, собранных с онлайн-платформ по поиску работы в Италии. Результаты показали возможность автоматизированного извлечения ключевых характеристик вакансий и построения прогнозных моделей спроса на навыки;

– Н. Джайн, С. К. Шантакумар, А. Шарма, А. Арора, Р. Мутараджу (Jain, Shanthakumar, Sharma, Arora & Mutharaju, 2020) задействовали методы парсинга веб-страниц и обработки естественного языка для анализа вакансий на индийском рынке труда. Результаты доказали, что автоматизированные методы сбора и анализа данных позволяют эффективно извлекать информацию о требованиях к навыкам и образованию, а также выявлять востребованные компетенции в различных отраслях;

– Р. Верма, С. Ш. Рагхаван (Verma & Raghavan, 2017)

использовали API сайтов по поиску работы для сбора и анализа данных о вакансиях в сфере информационных технологий в Индии. Анализ собранных данных позволил выявить наиболее востребованные технические навыки, опыт и предлагаемый уровень заработной платы;

– С. Ю. Роцин и С. А. Солнцев (Роцин и Солнцев, 2019) воспользовались данными вакансий, извлеченных с помощью парсинга с крупных порталов по поиску работы в Российской Федерации;

– Е. В. Ванкевич и И. Н. Калиновская (Vankevich & Kalinouskaya, 2020, 2021; Калиновская, 2021, 2022) применили метод скрейпинга данных для извлечения из различных онлайн-источников информации о компетенциях, востребованных рынком труда Республики Беларусь, и их анализа в разрезе регионов, групп занятий, должностей.

Проведенные исследования демонстрируют растущий интерес к использованию методов сбора и анализа информации из онлайн-источников о рынке труда. Полученные результаты подтверждают эффективность этих методов для извлечения ценных данных о требованиях работодателей, востребованных навыках и тенденциях в различных отраслях и регионах. Несмотря на значительные достижения в использовании методов сбора и анализа информации из онлайн-источников, в работах авторов можно выделить несколько нерешенных проблем:

1. Ограниченность охвата данных – большинство исследований фокусируются на анализе данных только с крупных онлайн-платформ по поиску работы, таких как Indeed или Monster, однако, эти платформы не охватывают все сегменты рынка труда, особенно в развивающихся странах или специфических отраслях. Таким образом, необходимо расширить список источников данных для получения более полной картины рынка труда.

2. Стандартизация и качество данных – вакансии, размещенные на различных онлайн-платформах, часто имеют разную структуру и формат описания, что затрудняет их автоматическую обработку и сравнение, требуются дополнительные усилия по очистке и классификации данных для повышения точности анализа.

3. Учет неявных требований и компетенций – многие вакансии содержат не только явные требования к навыкам и квалификации, но и неявные ожидания работодателей, такие как коммуникабельность, умение работать в команде и т. д. Извлечение и анализ этих неявных требований остается сложной задачей, требующей применения более современных методов обработки

естественного языка.

4. Динамика и скорость изменений на рынке труда – рынок труда постоянно эволюционирует, и спрос на навыки быстро меняется под влиянием технологических и экономических факторов, поэтому необходимы методы, позволяющие отслеживать и прогнозировать изменения в режиме реального времени, для обеспечения актуальности анализа.

5. Интеграция с другими источниками данных – онлайн-вакансии предоставляют ценную, но не исчерпывающую информацию о рынке труда, при этом для получения более полной картины необходима интеграция данных из других источников, таких как опросы работодателей, государственная статистика и социальные сети.

6. Учет региональных и отраслевых особенностей – рынки труда могут сильно различаться в зависимости от географического региона и отрасли, поэтому необходимы методы, учитывающие эти особенности и позволяющие проводить сравнительный анализ различных сегментов рынка.

7. Интерпретация и применение результатов – получение данных и их анализ является только частью поставленной задачи, необходимо развивать методы эффективной визуализации и интерпретации результатов, а также разрабатывать практические рекомендации для работодателей, соискателей и государственных органов на основе полученных выводов.

Использование больших языковых моделей (LLM) для сбора и анализа данных о рынке труда является новой и развивающейся областью исследований. Изучение данного направления описано в работах:

– Э. Бриньолфсон, Т. Митчелл и Д. Рок использовали LLM, для анализа описаний вакансий и выявления трендов в требованиях к навыкам на рынке труда США. (Brynjolfsson, Mitchell & Rock, 2021);

– Д. Аутор и его коллеги применяли LLM для изучения влияния автоматизации на рынок труда и профессиональные задачи (Autor, Reynolds, Chin, Fikri, Fleming, Katz, Kearney, Murray & Veuger, 2020; Autor, 2015);

– Л. А. Кароли, О. Леухина, С. Айенгар и И. Де-Беккер использовали LLM для анализа описаний вакансий и выявления навыков, востребованных на рынке труда в условиях цифровой экономики (Karoly, Leukhina, Iyengar & Dew-Becker, 2021);

– исследовательская группа LinkedIn использует собственные данные и LLM для анализа тенденций на рынке труда, востребованных навыков и профессий¹.

Стоит отметить, что многие исследования данной области находятся на ранних стадиях, а применение LLM для анализа рынка является молодым и весьма перспективным направлением.

Решение проблем получения информации о рынке труда из веб-источников требует междисциплинарного подхода, объединяющего методы науки о данных, машинного обучения, обработки естественного языка и исследования в области управления человеческими ресурсами. Дальнейшее изучение этого направления позволит повысить точность, полноту и практическую ценность анализа рынка труда на основе онлайн-данных.

Методы и средства исследований

Методологическая база исследований в области сбора и анализа информации о рынке труда с использованием онлайн-источников опирается на комплексный междисциплинарный подход, объединяющий методы и инструменты из различных областей, таких как наука о данных, машинное обучение, обработка естественного языка и управление человеческими ресурсами. Извлекаемые данные из онлайн-источников включают информацию о вакансиях (наименование организации, название должности, требования к навыкам и образованию, предлагаемая заработная плата), профили соискателей (опыт работы, навыки, образование, пол, возраст), а также метаданные (местоположение, отрасль, дата публикации). Для обеспечения репрезентативности и надежности результатов исследований применяются подходы к валидации и очистке данных – удаление дубликатов, обработка пропущенных значений и кросс-валидация моделей, применяются методы визуализации данных (графики, диаграммы, облака слов) для эффективного представления и интерпретации полученных результатов. Комбинирование различных методов и подходов позволяет проводить всесторонний и глубокий анализ рынка труда на основе данных из онлайн-источников, выявлять актуальные тренды, требования и закономерности, а также генерировать ценные идеи для принятия обоснованных решений всеми участниками рынка труда.

¹ <https://economicgraph.linkedin.com/>

Одним из ключевых методов получения информации из веб-источников является парсинг веб-страниц или веб-скрейпинг (web scraping) – автоматизированный сбор данных с веб-страниц, позволяющий извлекать информацию о вакансиях, требованиях к навыкам с крупных платформ по поиску работы, профессиональных социальных сетей, специализированных отраслевых сайтов и порталов, корпоративных сайтов компаний-работодателей, государственных порталов и баз данных о рынке труда.

Использование API (application programming interface) – это набор интерфейсов, предоставляемых онлайн-платформами для доступа к своим данным. API позволяют получать структурированную информацию о вакансиях и соискателях в формате JSON или XML, что упрощает процесс сбора и обработки данных.

RSS-каналы (really simple syndication) – это формат для синдикации и распространения часто обновляемого контента. RSS-каналы представляют собой XML-файлы, содержащие краткую информацию о новых публикациях на веб-сайте.

Большие языковые модели (large language models, LLM) – это класс моделей глубокого обучения, предназначенных для обработки и генерации естественного языка. Они способны извлекать информацию о вакансиях и резюме из веб-источников, используя различные методы обработки естественного языка (natural language processing, NLP).

Каждый из рассмотренных методов сбора и анализа информации имеет свои преимущества и ограничения. Выбор конкретного метода зависит от специфики задачи, доступности данных и технических возможностей. Для достижения наилучших результатов рекомендуется использовать комбинацию различных методов.

Эмпирическую базу выявления приоритетной модели сбора и анализа информации о рынке труда из веб-источников составили результаты экспертного опроса, который проводился в несколько этапов:

1. Формирование выборки экспертов. В опросе приняли участие 10 руководителей отделов по разработке данных (data engineering) и машинного обучения (machine learning) белорусских ИТ-компаний. Выбор экспертов осуществлялся целенаправленно, на основе их профессионального опыта и компетенций в области сбора и анализа больших данных, разработки систем

искусственного интеллекта. Все эксперты имеют опыт работы в этой сфере не менее 5 лет и занимают руководящие позиции в организациях.

2. Разработка опросника. Опросник состоял из трех блоков вопросов:

а) оценка преимуществ и недостатков каждого метода сбора и анализа информации (парсинг веб-страниц, использование API, анализ RSS-каналов, применение больших языковых моделей). Эксперты описывали сильные и слабые стороны методов в свободной форме;

б) оценка полноты охвата и качества данных, получаемых каждым методом, по 5-балльной шкале (где 1 – очень низкое качество/полнота, 5 – очень высокое);

в) сравнительная оценка методов по критериям: скорость получения информации, качество данных, простота использования, масштабируемость, стоимость. Для каждого критерия эксперты ранжировали методы от 1 (лучший) до 4 (худший).

3. Проведение опроса. Опрос проводился в формате индивидуальных структурированных интервью. Каждое интервью длилось около 60 минут и включало в себя заполнение опросника экспертом с последующим обсуждением и уточнением ответов с интервьюером. Это позволило получить не только количественные оценки, но и развернутые качественные комментарии экспертов.

4. Анализ результатов. Ответы экспертов были сведены в единую базу данных. Качественные оценки преимуществ и недостатков методов обобщены и систематизированы, выделены ключевые паттерны. Для количественных оценок рассчитаны средние значения, а также коэффициент конкордации Кендалла для оценки согласованности мнений экспертов. Значение коэффициента составило 0,721, что говорит о высокой согласованности экспертных оценок.

5. Интерпретация результатов. Полученные результаты были проанализированы и интерпретированы с точки зрения их значимости для решения задач сбора и обработки информации о рынке труда.

Эмпирическую базу определения приоритетной большой языковой модели для сбора и анализа информации о рынке труда из веб-источников составили данные платформы ArtificialAnalysis², в результате обзора которых выявлены наиболее важные показатели оценки больших языковых моделей, приведен топ-10 моделей.

² <https://huggingface.co/spaces/ArtificialAnalysis/LLM-Performance-Leaderboard>

Результаты исследований

С целью определения наиболее эффективного метода получения информации о рынке труда из веб-источников проведен опрос специалистов в области искусственного интеллекта, машинного обучения, сбора и обработки данных. В первой части опроса установлены преимущества и недостатки каждого метода извлечения информации, приведенные в таблице 1.

Выбор оптимального метода извлечения информации о рынке труда зависит от специфических требова-

ний и ограничений задачи исследования, таких как типы и форматы доступных данных, необходимость в структурированности и полноте извлекаемой информации, доступные ресурсы и бюджет.

Также экспертами проводилась оценка методов получения информации с точки зрения ее полноты и содержания:

1. У парсинга веб-страниц самый полный охват источников информации и содержания данных о рынке труда, так как данный метод позволяет собирать деталь-

Таблица 1 – Достоинства и недостатки методов сбора и анализа информации о рынке труда из веб-источников
 Table 1 – Advantages and disadvantages of methods for collecting and analyzing information about the labour market from web sources

Метод	Преимущества метода	Недостатки метода
Парсинг веб-страниц	<ul style="list-style-type: none"> – возможность извлечения информации с любого веб-сайта; – гибкость в настройке для извлечения специфических данных; – не требует наличия специальных API или каналов данных от источника 	<ul style="list-style-type: none"> – трудоемкость разработки и поддержки для каждого отдельного веб-сайта; – риск нарушения правил использования сайтов и блокировки доступа при чрезмерной нагрузке; – зависимость от структуры и формата веб-страниц
API	<ul style="list-style-type: none"> – предоставление структурированных и стандартизированных данных; – обеспечение высокой скорости и надежности получения данных; – наличие документации и поддержки от провайдеров API 	<ul style="list-style-type: none"> – ограниченность доступных данных и функциональности, определяемых провайдером API; – необходимость оплаты за доступ к некоторым API или соблюдения лимитов использования; – зависимость от стабильности и доступности API-сервиса
RSS-каналы	<ul style="list-style-type: none"> – простота интеграции и обработки структурированных данных в формате XML; – возможность подписки на обновления и получения новых данных в режиме реального времени; – широкая поддержка стандарта RSS множеством веб-сайтов и платформ 	<ul style="list-style-type: none"> – ограниченность данных, предоставляемых через RSS; – зависимость от наличия и качества RSS-каналов у целевых веб-сайтов; – отсутствие гибкости в настройке и получении специфических данных, не включенных в канал
LLM	<ul style="list-style-type: none"> – возможность извлечения информации из неструктурированных текстовых данных; – способность понимать контекст и семантику текста, выявлять сущности и отношения; – универсальность применения к различным источникам данных и форматам 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимость большого объема качественных обучающих данных для эффективного обучения модели; – вычислительная сложность и требовательность к ресурсам при обучении и использовании больших моделей; – риск генерации неточных или некорректных результатов; – сложность интерпретации и объяснения результатов

Источник: составлено автором по результатам опроса.

ные данные напрямую из первоисточников. Однако, при его использовании могут возникать проблемы с динамическими элементами страниц и блокировкой.

2. API имеет средний охват данных, поскольку они предоставляются в структурированном виде, но могут быть ограничены условиями использования и лимитами на количество запросов.

3. RSS-каналы обладают низким охватом данных, так как содержат только основную информацию и ссылки на источник. Данный метод полезен для отслеживания обновлений.

4. LLM при соответствующем обучении может собирать полные данные из источников, применяя методы парсинга и API, а также осуществлять обработку и анализ полученной информации.

Таким образом, для комплексного анализа рынка труда необходимо сочетание различных методов извлечения веб-данных, учитывая их сильные и слабые стороны. Парсинг является наиболее эффективным способом сбора и анализа детальной информации, но требует значительных технических усилий и может столкнуться с блокировками. API облегчают доступ к структурированным данным, но их использование ограничено условиями и лимитами провайдеров. RSS-каналы полезны для мониторинга обновлений, но не подходят как единственный источник информации из-за ее недостаточной глубины. Большие языковые модели открывают новые возможности по обработке, категоризации и обобщению собранной информации, позволяя извлекать дополнительные данные.

Для достижения наилучших результатов рекомендуется комбинировать извлечение первичных данных через парсинг и API с последующим применением LLM-техник для их анализа и интерпретации.

На втором этапе опроса экспертов были выявлены показатели оценки эффективности метода получения информации:

- скорость получения информации – отражает, как быстро данные о рынке труда могут быть собраны и обработаны с помощью метода;
- качество данных – показывает, насколько собранные данные соответствуют запросам о ситуации на рынке труда;
- простота использования метода на практике – оценивает легкость и удобство применения метода;
- масштабируемость – показывает, насколько легко метод может быть расширен для обработки больших объемов данных из множества источников;
- стоимость применения – отражает финансовые и ресурсные затраты на использование метода.

В заключительной части опроса эксперты с помощью баллов оценивали методы сбора и анализа информации по установленным показателям (1 – лучший метод, 4 – худший). В таблице 2 представлены результаты ранжирования и выделен приоритетный метод.

Анализ полученных результатов сравнения методов сбора и анализа информации о рынке труда Республики Беларусь из веб-источников показал, что:

- по скорости получения информации приоритетным является LLM метод, так как обученная модель мо-

Таблица 2 – Компаративная матрица методов сбора и анализа информации о рынке труда Республики Беларусь из веб-источников

Table 2 – Comparative matrix of methods for collecting and analyzing information about the labour market of the Republic of Belarus from web sources

Метод	Скорость получения информации	Качество данных	Простота использования	Масштабируемость	Стоимость	Сумма баллов	Ранг
Парсинг веб-страниц	3	2	4	2	3	14	3
API	2	3	2	1	4	12	2
RSS-каналы	4	4	3	3	1	15	4
LLM	1	1	1	4	2	9	1

Источник: составлено автором по результатам опроса.

жет быстро обрабатывать и анализировать огромные объемы неструктурированных данных о вакансиях, резюме и отзывах сотрудников, обеспечивая актуальную информацию о рынке труда в режиме реального времени;

- высокое качество данных обеспечивается методом LLM, поскольку современные модели, обученные на большом объеме данных о рынке труда, способны глубоко понимать контекст, извлекать релевантную информацию и обеспечивать высокую точность анализа, сопоставимую или превосходящую другие методы;

- простым для использования на практике является LLM метод, так как унифицированный интерфейс взаимодействия с LLM позволяет легко интегрировать модель в различные приложения и системы анализа рынка труда, не требуя сложной настройки или специальных навыков, в отличие от разработки парсеров или интеграции с множеством разнородных API;

- самым масштабируемым признан метод API, позволяющий легко масштабировать сбор данных о вакансиях и соискателях за счет стандартизированного интерфейса;

- наиболее доступными по финансовым и ресурсным затратам отмечены RSS-каналы, предоставляемые на бесплатной основе и не требующие значительных ресурсов для обработки данных о рынке труда.

Таким образом, по сумме баллов, выставленных экспертами, наиболее приоритетным методом сбора и анализа информации о рынке труда Республики Беларусь из веб-источников определено применение больших языковых моделей.

Рынок больших языковых моделей активно развивается, и в него вовлечены как крупные технологические компании, так и исследовательские институты и сообщества разработчиков открытого программного обеспечения. Разнообразие доступных моделей и их уникальные особенности создают богатую экосистему инструментов для решения различных задач обработки естественного языка, включая анализ рынка труда. Исследователи и практики могут выбирать модели, наиболее подходящие для их конкретных потребностей и целей, и комбинировать их для достижения оптимальных результатов. Дальнейшее развитие методов сбора и анализа информации о рынке труда будет определяться сочетанием технологических инноваций, растущих потребностей в качественных данных и социально-экономических факторов, таких как изменения в структуре

занятости и требованиях к навыкам.

В ходе исследований представлен сравнительный анализ больших языковых моделей на основании ряда показателей для оценки производительности LLM, выбранных из отчетов Artificial Analysis на Hugging Face. Artificial Analysis – это публичная платформа, которая позволяет исследователям и разработчикам сравнивать производительность различных моделей машинного обучения, в частности, больших языковых моделей, на основе их результатов по выбранным показателям.

В качестве критериев оценки больших языковых моделей выбраны:

1. Chatbot Arena – представляет собой сравнительный тест, в котором языковые модели соревнуются в задачах генерации текста, диалога, решения проблем и т. д. Оценки выражаются в процентах или баллах, отражающих точность, релевантность и качество ответов моделей.

2. MMLU (massive multitask language understanding) – набор из 57 задач на понимание естественного языка из различных областей, таких как гуманитарные науки, социальные науки и др. Оценка производится по средней точности на всех задачах и выражается в процентах, представляя долю правильных ответов модели.

3. MT Bench (machine translation benchmark) используется для оценки качества машинного перевода языковых моделей, сравнивая их производительность с профессиональными переводами и определяя точность, плавность и адекватность перевода. Оценки MT Bench измеряются в баллах BLEU (bilingual evaluation understudy).

4. Human Eval представляет собой оценку, в которой люди проверяют и оценивают производительность языковой модели на задачах генерации текста, ответов на вопросы, ведения диалогов, чтобы определить, насколько модель соответствует человеческим ожиданиям и стандартам. Оценки выражаются в баллах или рейтингах, которые дают люди-оценщики, и представлены в различных форматах, таких как средний балл по шкале от 1 до 5, проценты, отражающие качество работы модели по различным критериям.

Выбор этих показателей обусловлен их способностью предоставить всестороннюю, объективную и надежную оценку производительности больших языковых моделей в различных аспектах их работы. Данные показатели применимы и для оценки LLM, как инструмента анализа рынка труда:

– модель, показывающая высокие результаты в Chatbot Arena, может эффективно собирать данные с помощью опросов и анкетирования соискателей и работодателей, способна выявлять скрытые тренды;

– модель с высокими оценками в MMLU может обрабатывать и анализировать данные из различных источников, таких как отчеты по занятости, экономические прогнозы и т. д., для формирования комплексного представления о рынке труда;

– модель, успешная в MT Bench, может переводить вакансии и резюме на различные языки, что позволяет анализировать рынок труда в разных странах и регионах, выявлять глобальные тренды и потребности;

– модель с высокими оценками в Human Eval сможет эффективно интерпретировать отзывы работников и работодателей, анализировать социальные сети и форумы для понимания настроений и предпочтений на рынке труда.

В таблице 3 представлено ранжирование топ-10 больших языковых моделей с оценками по основным критериям из Hugging Face.

Анализ данных топ-10 больших языковых моделей позволяет сделать следующие выводы:

– модель GPT-4o занимает первое место в рейтинге,

демонстрируя наивысшие оценки по всем параметрам: Chatbot Arena (1310), MMLU (88,7 %), MT Bench (9,32) и Human Eval (90,2). Это указывает на её универсальность и высокую производительность в проведенных тестах и решенных задачах;

– на втором месте находится Claude 3 Opus, с высокими показателями в Chatbot Arena (1256), MMLU (86,8 %), MT Bench (8,06) и Human Eval (71,2), что подтверждает её эффективность и надежность при работе с текстами, связанными с рынком труда;

– модель Mistral Medium занимает третье место, получив высокие оценки в Chatbot Arena (1148), MMLU (75,3 %) и MT Bench (8,61). Однако отсутствие данных по Human Eval может свидетельствовать о неполной оценке её возможностей;

– некоторые модели, такие как Llama 3 (70B) и Open Chat 3.5, демонстрируют хорошие результаты в одних тестах, но отсутствующие показатели в других. Например, Llama 3 (70B) имеет высокие оценки в Chatbot Arena (1082) и MMLU (68,9 %), но отсутствуют данные по Human Eval и MT Bench;

– для некоторых моделей, таких как DBRX, Arctic и DeepSeek-V2, отсутствуют оценки по нескольким критериям, что затрудняет их полное сравнение с другими мо-

Таблица 3 – Рейтинг топ-10 больших языковых моделей

Table 3 – Ranking of the top-10 large language models

Название LLM	Оценка				Рейтинг
	Chatbot Arena, балл	MMLU, %	MT Bench, балл	Human Eval, балл	
GPT-4o	1310	88,7	9,32	90,2	1
DBRX	-	73,7	-	70,1	9
Llama 3 (70B)	1082	68,9	6,86	-	6
Claude 3 Opus	1256	86,8	8,06	71,2	2
Arctic	-	67,3	-	-	10
DeepSeek-V2	-	78,5	-	-	8
Mistral Medium	1148	75,3	8,61	-	3
Open Chat 3,5	1075	64,3	7,81	68,9	7
Gemini 1.0 Pro	1122	71,8	-	63,4	4
Mixtral 8x7B	1114	70,6	8,3	-	5

Источник: составлено автором по данным Artificial Analysis.

делями. Например, DBRX имеет только оценки по MMLU (73,7 %) и Human Eval (70,1), что делает её девятой в общем рейтинге;

– модели, такие как Gemini 1.0 Pro и Mixtral 8x7B, показывают средние результаты по большинству параметров, что свидетельствует об их надежности, но недостаточной конкурентоспособности в сравнении с лидерами рейтинга. Например, Gemini 1.0 Pro имеет оценку Chatbot Arena (1122), MMLU (71,8 %) и Human Eval (63,4);

– разнообразие оценок по различным метрикам подчёркивает важность многогранного подхода к оценке производительности языковых моделей. Высокие результаты в одном тесте не всегда коррелируют с аналогичными успехами в других тестах.

В целом, таблица 3 показывает, что лидирующие модели, такие как GPT-4o и Claude 3 Opus, демонстрируют высокие результаты по всем критериям, тогда как другие модели имеют специализированные сильные стороны и ограничения. Это подчеркивает необходимость выбора языковых моделей в зависимости от конкретных задач и контекста их применения.

На основании данных Artificial Analysis на Hugging Face³ представлен топ-3 больших языковых моделей, имеющих лучшие результаты в области решения задач бизнеса и экономики (таблица 4, максимальный балл оценивания результатов – 1).

Приоритетной моделью при решении бизнес-задач (оценка 0,7858) и задач в области экономики (оценка 0,8080) установлена GPT-4o. Модель демонстрирует глубокое понимание соответствующих концепций, умение оперировать специфической терминологией и давать обоснованные ответы на поставленные вопросы. Уч-

тывая эти результаты, компаниям и специалистам, работающим над проектами и исследованиями в сферах бизнеса и экономики, рекомендуется в первую очередь рассматривать применение модели GPT-4o. Её возможности позволят повысить эффективность и качество решения соответствующих задач, что даст ощутимые преимущества по сравнению с использованием других языковых моделей.

Направления использования больших языковых моделей в анализе рынка труда

Применение метода больших языковых моделей способствует анализу такой важной составляющей рынка труда, как динамика требований к профессиональным навыкам и компетенциям в ИТ-индустрии. Он позволяет изучить, как меняется спрос на определенные навыки программирования в зависимости от развития технологий и запросов бизнеса. Традиционно для этого используются методы контент-анализа описаний вакансий на сайтах по поиску работы, опроса работодателей или анализа учебных программ ИТ-специальностей в университетах. Однако, эти подходы имеют ограничения: выборка вакансий может быть нерепрезентативной, опросы дают субъективные оценки, а учебные программы отстают от реальных требований рынка.

Альтернативой традиционных методов является применение LLM для анализа большого массива текстовых данных, связанных с ИТ-рынком: описаний вакансий, профилей специалистов на профессиональных платформах, дискуссий на форумах разработчиков, документации по новым фреймворкам и технологиям. Обученная на этих данных LLM, может автоматически выявлять упоминания различных языков программиро-

Таблица 4 – Рейтинг топ-3 больших языковых моделей, имеющих лучшие результаты в области решения задач бизнеса и экономики

Table 4 – Ranking of the top-3 large language models with the best results in solving business and economic problems

Название LLM	Оценка		Рейтинг
	задачи из области бизнеса	задачи из области экономики	
GPT-4o	0,7858	0,8080	1
Claudi – 3 – Opus	0,7338	0,7980	2
Gemini – 1,5 – Flash	0,6670	0,6943	3

Источник: составлено автором по данным Artificial Analysis.

³ <https://huggingface.co/spaces/TIGER-Lab/MMLU-Pro>

вания, инструментов, методологий и оценивать частоту и контекст их использования. Так, модель может обнаружить резкий рост упоминаний нового фреймворка для разработки мобильных приложений в вакансиях и обсуждениях на форумах за последние несколько месяцев. Это ранний сигнал того, что спрос на специалистов, владеющих этим фреймворком, вскоре может значительно вырасти. HR-службы организаций, получив такую информацию, могут оперативно скорректировать требования при найме разработчиков или организовать переобучение существующих сотрудников, чтобы не упустить новый технологический тренд. Или, например, LLM может выявить постепенное снижение частоты упоминания определенного языка программирования в профилях специалистов и вакансиях за последние годы. Это может свидетельствовать об устаревании технологии и необходимости для разработчиков, использующих этот язык, задуматься о расширении своего пучка навыков для сохранения конкурентоспособности на рынке труда.

Важно, что LLM позволяет анализировать не только формальное наличие или отсутствие упоминаний тех или иных навыков, но и контекст, тональность, взаимосвязи между ними в профессиональной коммуникации. Это дает более глубокое понимание реальных трендов и требований рынка. Конечно, такой анализ не заменяет полностью другие методы изучения динамики навыков, но дает ценное дополнение к ним, обеспечивая более оперативный и масштабный мониторинг ситуации. Он также подходит для выявления новых, зарождающихся трендов, которые могут быть не видны при использовании традиционных методов.

Несмотря на большие возможности и высокую производительность больших языковых моделей, исследователи, использующие LLM для анализа рынка труда, могут столкнуться с рядом проблем и ограничений:

1. Доступность и качество данных:

- обучение LLM требует большого объема качественных данных о рынке труда, таких как описания вакансий, профили соискателей и т. д.;

- сбор и подготовка данных может быть трудоемким и затратным процессом, особенно для специфических отраслей или регионов;

- данные могут быть неполными, неструктурированными или содержать шум, что затрудняет их эффективное использование для обучения моделей.

2. Интерпретируемость и объяснимость результатов:

- LLM воспринимаются как «черные ящики», и их внутренняя логика может быть сложной для понимания и интерпретации;

- исследователи могут столкнуться с трудностями при объяснении полученных результатов и выводов;

- необходимость обеспечения прозрачности и объяснимости моделей может ограничивать их сложность и эффективность.

3. Обобщаемость и переносимость моделей:

- LLM обучаются на конкретных наборах данных и могут не обобщаться на новые или отличающиеся контексты;

- модели, обученные на данных одной отрасли или региона, могут быть менее эффективны для анализа рынка труда в других условиях;

- адаптация моделей к новым задачам или областям может потребовать значительных усилий по переобучению и настройке.

4. Временная динамика и актуальность:

- рынок труда постоянно меняется, и модели, обученные на исторических данных, могут не учитывать последние тенденции и изменения;

- исследователям необходимо регулярно обновлять и переобучать модели, чтобы обеспечить их актуальность и точность;

- отслеживание и прогнозирование будущих трендов на рынке труда может быть сложной задачей, даже с использованием LLM.

5. Этические и правовые аспекты:

- использование LLM для анализа данных рынка труда может поднимать вопросы конфиденциальности, безопасности и этичного использования информации;

- исследователи должны соблюдать правовые нормы и этические принципы при сборе, хранении и анализе данных о соискателях и работодателях.

6. Вычислительные ресурсы и затраты:

- обучение и использование LLM, особенно моделей большого размера, требует значительных вычислительных ресурсов и может быть дорогостоящим;

- исследователям необходимо найти баланс между сложностью моделей, качеством результатов и доступными ресурсами;

- затраты на инфраструктуру и обслуживание моделей могут быть препятствием для организаций или исследовательских групп.

В целом, исследование показывает, что применение LLM является перспективным направлением для анализа рынка труда, несмотря на имеющиеся ограничения. Дальнейшие исследования должны быть направлены на преодоление выявленных проблем и развитие возможностей LLM в этой области.

Применение больших языковых моделей при анализе рынка труда, способно дать следующие измеримые результаты:

1. Повышение эффективности подбора персонала и снижение затрат на найм. Точное выявление требуемых навыков и компетенций с помощью LLM позволит работодателям быстрее находить подходящих кандидатов и сокращать время и ресурсы на заполнение вакансий. Потенциальный эффект может быть оценен через сокращение средней стоимости и длительности закрытия вакансии.

2. Оптимизация инвестиций в обучение и развитие персонала. Выявление актуальных трендов спроса на навыки даст организациям возможность более целенаправленно инвестировать в программы повышения квалификации сотрудников. При этом эффективность может быть измерена через повышение экономической эффективности инвестиций в обучение и развитие сотрудников (return on investment, ROI, – отношение прироста производительности к затратам на обучение).

3. Рост производительности труда. Как уже отмечалось, более эффективное развитие востребованных компетенций у работников будет способствовать повышению их индивидуальной продуктивности, на макроуровне это может привести к приросту производительности труда в экономике.

4. Сокращение затрат на социальную поддержку безработных и программы переобучения. Снижение структурной безработицы в результате более эффективного выявления несоответствий в требуемых и доступных навыках на рынке позволит государству оптимизировать расходы на пособия по безработице и программы переквалификации.

5. Прирост экспорта образовательных услуг и технологий анализа данных. Регионы, наиболее активно развивающие и применяющие передовые методы анализа рынка труда, смогут экспортировать свои образовательные программы и технологические решения, ориентированные на актуальные навыки.

Важно, что многие из этих эффектов будут иметь косвенное влияние на другие сферы экономики через

повышение общей эффективности использования трудовых ресурсов, ускорение инноваций и цифровизации. Это создаст потенциал для дополнительного экономического роста и повышения конкурентоспособности на глобальном уровне.

Для оценки эффективности применения больших языковых моделей, предлагаются следующие методики и подходы к сбору и анализу необходимых статистических данных:

1. Методика оценки влияния LLM на эффективность подбора персонала:

- отслеживание динамики среднего времени заполнения вакансии и стоимости закрытия позиции до и после внедрения LLM в процесс рекрутинга. Сбор данных через системы трекинга рекрутмента и внутреннюю финансовую отчетность организации;

- проведение опросов среди рекрутеров и менеджеров по найму для оценки их удовлетворенности качеством подбора и эффективностью процесса после внедрения новых методов анализа;

- анализ корреляции между использованием LLM и показателями эффективности подбора персонала на основе данных от множества организаций.

2. Методика оценки влияния на ROI программ обучения и развития:

- отслеживание изменений в производительности, качестве работы, уровне удовлетворенности клиентов для сотрудников, прошедших обучение по программам, разработанным с учетом выявленных LLM трендов в требованиях к навыкам. Сбор данных через системы управления эффективностью персонала, опросы клиентов и внутреннюю отчетность;

- расчет показателя ROI как отношение приведенной стоимости дополнительных доходов или экономии от повышения производительности к затратам на обучение по новым программам. Сравнение с ROI для традиционных программ обучения;

- метаанализ результатов оценки ROI программ обучения, основанных на данных LLM, для организаций из разных отраслей и регионов.

3. Методика оценки влияния на производительность труда:

- разработка экономико-математических моделей, оценивающих вклад факторов, связанных с внедрением LLM (доли сотрудников, обученных по новым программам, основанным на данных LLM), в динамику производительности труда на уровне организации и отраслей.

Построение моделей на основе статистических данных, собираемых на микроуровне;

- проведение эконометрического анализа на основе панельных данных для организаций и отраслей, учитывающего внедрение методов анализа на основе LLM как один из факторов, влияющих на производительность. Сбор необходимых данных через государственные органы статистики, отраслевые ассоциации, финансовую отчетность организации;

- организация специальных статистических наблюдений и опросов компаний и работников по вопросам влияния новых методов анализа рынка труда на производительность.

4. Методика оценки влияния на затраты по социальной поддержке безработных:

- проведение эксперимента по внедрению программ переобучения и трудоустройства безработных на основе данных о востребованных навыках, полученных через LLM. Оценка затрат на эти программы и их эффективности в снижении длительности периода безработицы и повышении уровня трудоустройства по сравнению с контрольной группой. Сбор данных через службы занятости и социальной защиты;

- построение экономико-математических моделей, прогнозирующих изменение затрат государства на пособия и программы поддержки безработных при различных сценариях внедрения методов анализа на основе LLM и его влияния на структурную безработицу. Использование данных государственной статистики и результатов экспериментальных исследований;

- анализ международного опыта применения методов анализа рынка труда для адаптации программ поддержки безработных и оценка экономического эффекта этих инициатив. Сотрудничество с международными организациями, такими как МОТ, ОЭСР, для сбора и анализа данных.

5. Методика оценки влияния на экспорт образовательных услуг и технологий:

- мониторинг динамики экспортных доходов организаций, предоставляющих услуги по обучению навыкам и компетенциям, выявленным с помощью LLM как наиболее востребованные на глобальном рынке. Сбор данных через финансовую отчетность, опросы организаций.

- отслеживание роста продаж и экспорта программного обеспечения и технологических решений для анализа рынка труда на основе LLM. Получение данных через финансовую отчетность организаций, специали-

зированные исследования рынка;

- оценка кросс-эффектов между активностью стран и регионов во внедрении методов анализа на основе LLM и их позициями в глобальных рейтингах конкурентоспособности, инновационности, привлекательности для талантов. Использование данных международных организаций и рейтинговых агентств.

Важно отметить, что для полноценной реализации этих методик необходимо наладить тесное взаимодействие между различными стейкхолдерами – организациями, государственными органами, исследовательскими институтами, учреждениями образования. Предложенные методики и подходы к сбору и анализу данных могут стать основой для комплексной оценки экономической эффективности и целесообразности инвестиций во внедрение инновационных методов анализа рынка труда, содействуя принятию более обоснованных решений на уровне организаций, отраслей и государственной политики.

Анализ полученных результатов

Основываясь на результатах исследования методов сбора и анализа информации о рынке труда из веб-источников, можно сделать следующие выводы относительно выдвинутой гипотезы:

- гипотеза о том, что использование больших языковых моделей (LLM) является наиболее эффективным и перспективным методом сбора и анализа информации о рынке труда по сравнению с традиционными подходами, такими как парсинг веб-страниц, использование API и RSS-каналов, в целом подтверждается результатами исследования;

- экспертный опрос показал, что LLM превосходят другие методы по ключевым показателям эффективности, таким как скорость получения информации, качество данных и простота использования. Это согласуется с предположением гипотезы о преимуществах LLM в обработке больших объемов неструктурированных текстовых данных и извлечении информации;

- рейтинг топ-10 больших языковых моделей демонстрирует высокую производительность современных LLM, таких как GPT-4o, в решении различных задач обработки естественного языка. Это подтверждает предположение гипотезы о способности LLM обеспечивать высокую точность и качество анализа данных о рынке труда;

- выявленные проблемы и ограничения использования LLM, такие как необходимость большого объема

качественных данных для обучения, сложность интерпретации результатов и высокие требования к вычислительным ресурсам, частично опровергают предположения гипотезы о безусловном превосходстве LLM над традиционными методами. Эти ограничения указывают на необходимость дальнейших исследований и разработок для повышения эффективности и применимости LLM в анализе рынка труда.

В целом, результаты исследования в значительной степени подтверждают основные положения выдвинутой гипотезы, демонстрируя перспективность использования LLM для сбора и анализа информации о рынке труда. Однако, выявленные проблемы и ограничения свидетельствуют о том, что LLM не являются универсальным решением и требуют дальнейшего изучения и совершенствования. Для получения более полного представления о возможностях и ограничениях LLM в контексте анализа рынка труда необходимы дополнительные исследования, учитывающие специфику различных отраслей, регионов и типов данных.

Основываясь на полученных результатах, разработан план дальнейших исследований в области применения LLM моделей с целью анализа рынка труда. Первоочередной задачей стоит изучение возможностей интеграции LLM с другими методами и источниками данных о рынке труда. Для анализа возможностей интеграции LLM необходимо провести следующее исследование:

1. Определение источников данных:

- идентифицировать основные источники структурированных и неструктурированных данных о рынке труда, такие как базы данных вакансий, результаты опросов работодателей и соискателей, профили и активность пользователей в профессиональных социальных сетях;
- оценить доступность, полноту и качество данных из каждого источника, а также возможные ограничения и правовые аспекты их использования.

2. Разработка схемы интеграции:

- создать концептуальную схему интеграции данных из различных источников, учитывая их формат, структуру и семантику;
- определить роль LLM в процессе интеграции;
- разработать методы преобразования и нормализации данных для их совместного анализа и использования.

3. Сбор и предобработка данных:

- реализовать процедуры сбора данных из выбранных источников;

- провести предварительную обработку собранных данных, такую как очистка, структурирование и анонимизация персональной информации;

- подготовить данные для подачи на вход LLM.

4. Интеграция данных и анализ:

- применить LLM для извлечения сущностей, отношений и ключевых характеристик из неструктурированных текстовых данных;
- интегрировать извлеченную информацию со структурированными данными из других источников, используя разработанную схему интеграции;
- провести комплексный анализ интегрированных данных, применяя методы статистического анализа, машинного обучения и визуализации данных для выявления закономерностей, трендов и взаимосвязей.

5. Оценка качества и эффективности:

- оценить полноту, достоверность и согласованность информации, полученной в результате интеграции данных из различных источников с использованием LLM;
- сравнить результаты анализа интегрированных данных с результатами, полученными на основе отдельных источников данных и методов анализа;
- проанализировать вклад LLM в улучшение качества и полноты информации о рынке труда, а также в автоматизацию процессов сбора и анализа данных.

6. Выводы и рекомендации:

- обобщить результаты исследования и сделать выводы о потенциале комбинированных подходов, включающих LLM и другие методы и источники данных, для получения более полной и достоверной информации о рынке труда;
- определить наиболее эффективные стратегии интеграции данных и использования LLM в сочетании с другими методами анализа;
- сформулировать рекомендации по внедрению комбинированных подходов в практику анализа рынка труда и поддержки принятия решений в области управления человеческими ресурсами.

Проведение такого исследования позволит количественно и качественно оценить потенциал интеграции LLM с другими методами и источниками данных для получения более полной и достоверной информации о рынке труда. Результаты исследования могут быть использованы для разработки инновационных решений в области HR-аналитики, прогнозирования спроса на навыки и компетенции, оптимизации процессов рекрутинга и управления талантами.

Внедрение новых методов анализа рынка труда, таких как большие языковые модели, может оказать существенное влияние на функционирование экономики в целом. Более эффективное выявление трендов спроса на навыки с помощью LLM способно привести к следующим макроэкономическим эффектам:

1. Трансформация системы образования и профессиональной подготовки. Своевременное выявление изменений в требованиях к навыкам позволит учебным заведениям адаптировать свои программы под актуальные запросы рынка труда. Это снизит риск подготовки специалистов с неактуальными компетенциями и повысит качество человеческого капитала в экономике. В результате возрастет соответствие между структурой подготовки кадров и реальными потребностями бизнеса, что положительно скажется на общей эффективности экономики.

2. Рост производительности труда. Точная информация о востребованных навыках даст работникам возможность целенаправленно развивать свои компетенции в соответствии с требованиями рынка. Это повысит их производительность и ценность для работодателей. Организации, в свою очередь, смогут эффективнее подбирать и обучать сотрудников, что также положительно повлияет на производительность. На макроуровне это будет способствовать росту общей производительности труда в экономике, что является одним из ключевых факторов долгосрочного экономического роста.

3. Сокращение структурной безработицы. Структурная безработица возникает из-за несоответствия навыков безработных требованиям доступных вакансий. Применение LLM для анализа рынка труда поможет лучше выявлять такие несоответствия и вырабатывать меры по их устранению, например, через программы переобучения или стимулы для развития определенных профессий. Это будет способствовать снижению структурной безработицы и более эффективному использованию трудовых ресурсов в экономике.

4. Ускорение технологических инноваций и цифровой трансформации. Выявление трендов спроса на навыки с помощью LLM позволит точнее прогнозировать направления технологического развития и потребности в специалистах для их реализации. Это даст бизнесу и государству возможность концентрировать ресурсы на поддержке наиболее перспективных инноваций, в том числе связанных с цифровизацией экономики. Ускорение технологического прогресса, в свою очередь, будет

стимулировать рост производительности, создание новых продуктов и бизнес-моделей.

5. Повышение инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности экономики. Регионы, активно применяющие передовые методы анализа рынка труда, будут иметь преимущество в качестве человеческого капитала и скорости адаптации к новым технологическим трендам. Это сделает их более привлекательными для инвесторов, стимулируя приток капитала и создание высокотехнологичных производств. Выявление уникальных трендов спроса на навыки поможет развивать конкурентные преимущества на глобальном рынке.

В то же время необходимо учитывать и потенциальные риски внедрения методов на основе искусственного интеллекта для анализа рынка труда. Среди них – вероятность ошибочных прогнозов из-за несовершенства моделей, возможное усиление неравенства на рынке труда из-за неравномерного доступа к таким инструментам, риски высвобождения части аналитиков рынка труда в результате автоматизации их функций.

Грамотное регулирование и политика государства по поддержке равномерного внедрения новых технологий анализа рынка труда позволят снизить эти риски и реализовать положительные макроэкономические эффекты от их применения. Тесное взаимодействие бизнеса, образовательных учреждений и государства на базе получаемых аналитических данных будет способствовать созданию эффективного и инклюзивного рынка труда, отвечающего потребностям динамично развивающейся экономики.

Выводы

В результате проведенных исследований определен наиболее эффективный метод сбора и анализа данных о рынке труда из веб-источников – применение больших языковых моделей (LLM). LLM превосходят другие методы по скорости получения информации, качеству данных и простоте использования.

Выявлены преимущества и недостатки методов сбора и анализа информации о рынке труда из веб-источников: парсинг веб-страниц обеспечивает самый полный охват данных, но трудоемок в разработке и поддержке; API предоставляют структурированные данные, но ограничены условиями использования; RSS-каналы полезны для отслеживания обновлений, но содержат мало информации; LLM могут обрабатывать неструктурированные данные и проводить глубокий анализ.

Приведен рейтинг топ-10 больших языковых моделей по производительности на основе данных Artificial Analysis платформы Hugging Face. Модель GPT-4o от OpenAI заняла первое место, продемонстрировав высокие результаты по всем показателям. Также модель GPT-4o определена в качестве приоритетной для решения бизнес-задач и задач в области экономики по результатам анализа данных Artificial Analysis. Компаниям и специалистам рекомендуется использовать GPT-4o для повышения эффективности и качества решения соответствующих задач.

Выявлены проблемы и ограничения использования LLM: необходимость большого объема качественных данных, сложность интерпретации и объяснения результатов, полученных с помощью LLM, ограниченная обобщаемость моделей на новые контексты и области, необходимость регулярного обновления моделей для учета динамики рынка труда, этические и правовые аспекты использования данных о соискателях и работодателях, высокие требования к вычислительным ресурсам и затратам на обучение моделей.

Результаты исследования могут иметь высокую прикладную ценность для различных участников рынка труда:

1. Работодатели могут применять результаты анализа рынка труда с помощью LLM для оптимизации процессов найма и управления персоналом:

- быстрая адаптация требований в вакансиях под актуальные тренды в навыках, выявленные с помощью LLM, позволит привлекать кандидатов с востребованными компетенциями и сократит время и затраты на заполнение позиций;

- использование данных о востребованных навыках для оптимизации программ обучения и развития сотрудников. Организации смогут сфокусировать инвестиции в обучение на развитии наиболее важных для бизнеса компетенций, повышая продуктивность человеческих ресурсов и отдачу от этих инвестиций;

- применение выводов LLM для планирования будущих потребностей в персонале и развития кадрового резерва. HR-службы получат возможность заблаговременно выявлять потенциальные разрывы в навыках и компетенциях и принимать меры для их устранения;

- интеграция данных о трендах в навыках в системы мотивации и оценки эффективности персонала позволит поощрять сотрудников за развитие востребованных компетенций и привязать компенсацию к их ценности на

рынке, повышая удержание ключевых специалистов.

2. Государственные органы могут использовать результаты анализа на основе LLM для совершенствования политики занятости и развития человеческого капитала:

- корректировка государственных программ профессионального обучения и переподготовки с учетом выявленных трендов на рынке труда. Переориентация этих программ на развитие наиболее востребованных компетенций повысит трудоустраиваемость их выпускников и эффективность госрасходов;

- адаптация системы образования под требования новой экономики. Учет выводов LLM при разработке образовательных стандартов и учебных программ обеспечит подготовку специалистов с актуальными для рынка компетенциями, сократит дисбаланс в структуре спроса и предложения труда;

- использование данных о трендах в навыках для привлечения инвестиций и поддержки развития перспективных отраслей. Демонстрация инвесторам наличия кадров с востребованными навыками или госпрограмм по их развитию повысит инвестиционную привлекательность этих отраслей;

- применение выводов LLM для совершенствования службы занятости и программ поддержки безработных. Переобучение безработных с учетом реальных требований рынка ускорит их трудоустройство, снизит расходы на пособия и повысит эффективность использования трудовых ресурсов.

Соискатели могут применять результаты анализа рынка труда с помощью LLM для развития своей карьеры:

- выбор программ обучения и повышения квалификации, нацеленных на освоение наиболее востребованных работодателями навыков. Это повысит ценность соискателя на рынке труда и его шансы на трудоустройство на высокооплачиваемые позиции;

- планирование карьерных траекторий с учетом долгосрочных трендов в требованиях к навыкам. Понимание, какие компетенции будут цениться в отрасли через 5-10 лет, позволит соискателю делать правильный стратегический выбор работодателя, должности, программ развития;

- проведение самооценки своих компетенций в сравнении с актуальными требованиями рынка, выявленными с помощью LLM. Определение своих сильных сторон и областей для развития позволит соискателю

более эффективно позиционировать себя на рынке и инвестировать в свой человеческий капитал;

– использование данных о востребованных навыках для обоснования своей ценности для работодателя на переговорах о зарплате и условиях найма. Опора на объективные данные о трендах рынка усилит переговорную позицию соискателя.

Таким образом, внедрение методов анализа рынка труда на основе LLM открывает широкие возможности

для повышения эффективности экономических решений, принимаемых всеми участниками рынка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке «Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований» в рамках научного проекта «Теоретические подходы и методическое обеспечение анализа рынка труда в Республике Беларусь с применением больших данных» № Г24-013.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Калиновская, И. Н. (2021). Теоретические аспекты подбора кадров с применением технологий искусственного интеллекта. *Право. Экономика. Психология*, № 1 (21), С. 48–64.

Калиновская, И. Н. (2022). Анализ представленных на рынке труда компетенций, извлеченных из цифровых источников с помощью искусственного интеллекта. *Экономика и общество: международный научно-практический журнал*, № 04 (22), С. 29–42.

Рощин, С. Ю. и Солнцев, С. А. (2019). Индекс напряженности на российском рынке труда. *Мониторинг экономической ситуации в России: тенденции и вызовы социально-экономического развития*, № 1 (84), С. 15–18.

Autor, D. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *The Journal of Economic Perspectives*, № 29 (3), pp. 3–30.

Autor, D., Reynolds, E., Chin, A., Fikri, K., Fleming, W. B., Katz, L. F., Kearney, M. S., Murray, S. C., Siegel, D. and Veuger, S. (2020). The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines. *MIT Work of the Future*, [Online], URL: <https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/2020-Final-Report4.pdf>, [Accessed: 23.05.2024].

Karoly, L. A., Leukhina, O., Iyengar, S. and Dew-Becker, I. (2021). The Digital Workforce: Developing Skills for an AI-Driven Economy. *RAND Corporation*, [Online], URL: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1533-1.html, [Accessed: 24.05.2024].

Mamertino, M. and Sinclair, T. M. (2016). Online Job Search and Migration Intentions Across EU Member States. *Institute for International Economic Policy Working Paper Series, IIEP-WP-2016-4*, [Online], URL: <https://www2.gwu.edu/~iiep/assets/docs/papers/2016WP/MamertinoSinclairIIEPWP2016-4.pdf>, [Accessed: 24.05.2024].

Boselli, R., Cesarini, M., Mercurio, F. and Mezzanzanica, M. (2018). Classifying online Job Advertisements through Machine Learning. *Future Generation Computer Systems*, vol. 86, pp. 319–328. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.03.035>.

Brynjolfsson, E., Mitchell, T. and Rock, D. (2021). What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy? *AEA Papers and Proceedings*, vol. 111, pp. 43–47. DOI: 10.1257/pandp.20211019.

Jain, N., Shanthakumar, S. K., Sharma, A., Arora, A. and Mutharaju, R. (2020). Analyzing and Visualizing the Skill Demand in Indian Job Market using Web Crawling and Machine Learning. *In 2020 International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEEM)*, pp. 303–308. <https://doi.org/10.1109/ICIEEM48762.2020.9160247>.

Mezzanzanica, M. and Mercurio, F. (2018). Big Data Enables Labor Market Intelligence. *Encyclopedia of Big Data Technologies*, pp. 1–11. https://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-63962-8_276-1.

Stephany, F., Braesemann, F. and Graham, M. (2020). Coding together – coding alone: the role of trust in collaborative programming. *Information, Communication & Society*, vol. 24, pp. 1944–1941. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2020.1749699>.

Vankevich, A. and Kalinouskaya, I. (2020). Ensuring sustainable growth based on the artificial intelligence analysis and forecast of in-demand skills. *First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020)*, Vol. 208, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020803060>.

Vankevich, A. and Kalinouskaya, I. (2021). Better understanding of the labour market using Big Data. *Ekonomia i prawo. Economics and law*, vol. 20, № 3, pp. 677–692.

Verma, R. and Raghavan, S. S. (2017). Extrapolating Trends in Demand and Supply of IT Professionals: *The Indian Scenario*. In *International Conference on Research into Design*, Springer, Singapore, pp. 751–760. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3518-0_65.

REFERENCES

Kalinouskaya, I. (2021). Theoretical aspects of recruitment using artificial intelligence technologies [Teoreticheskie aspekty podbora kadrov s primeneniem tekhnologij iskusstvennogo intellekta]. *Pravo. Ekonomika. Psihologiya = Right. Economy. Psychology*, № 1 (21), pp. 48–64 (In Russian).

Kalinouskaya, I. (2022). Analysis of the competencies presented on the labor market, extracted from digital sources using artificial intelligence [Analiz predstavlenykh na rynke truda kompetencij, izvlechennykh iz cifrovyykh istochnikov s pomoshch'yu iskusstvennogo intellekta]. *Ekonomika i obshchestvo: mezhdunarodnyj nauchno-prakticheskij zhurnal = Economics and Society: an international scientific and practical journal*, № 04 (22), pp. 29–42 (In Russian).

Roshchin, S. Yu. and Solntsev, S. A. (2019). The index of tension in the Russian labor market [Indeks napryazhennosti na rossijskom rynke truda]. *Monitoring ekonomicheskoy situacii v Rossii: tendencii i vyzovy social'no-ekonomicheskogo razvitiya = Monitoring the Economic situation in Russia: Trends and Challenges of socio-economic development*, № 1 (84), pp. 15–18 (in Russian).

Autor, D. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *The Journal of Economic Perspectives*, № 29 (3), pp. 3–30.

Autor, D., Reynolds, E., Chin, A., Fikri, K., Fleming, W. B., Katz, L. F., Kearney, M. S., Murray, S. C., Siegel, D. and Veuger, S. (2020). The Work of the Future: Building Better Jobs in an Age of Intelligent Machines. *MIT Work of the Future*, [Online], URL: <https://workofthefuture.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/2020-Final-Report4.pdf>, [Accessed: 23.05.2024].

Karoly, L. A., Leukhina, O., Iyengar, S. and Dew-Becker, I. (2021). The Digital Workforce: Developing Skills for an AI-Driven Economy. *RAND Corporation*, [Online], URL: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1533-1.html, [Accessed: 24.05.2024].

Mamertino, M. and Sinclair, T. M. (2016). Online Job Search and Migration Intentions Across EU Member States. *Institute for International Economic Policy Working Paper Series, IIEP-WP-2016-4*, [Online], URL: <https://www2.gwu.edu/~iiep/assets/docs/papers/2016WP/MamertinoSinclairIIEPWP2016-4.pdf>, [Accessed: 24.05.2024].

Boselli, R., Cesarini, M., Mercorio, F. and Mezzanzanica, M. (2018). Classifying online Job Advertisements through Machine Learning. *Future Generation Computer Systems*, vol. 86, pp. 319–328. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.03.035>.

Brynjolfsson, E., Mitchell, T. and Rock, D. (2021). What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy? *AEA Papers and Proceedings*, vol. 111, pp. 43–47. DOI: 10.1257/pandp.20211019

Jain, N., Shanthakumar, S. K., Sharma, A., Arora, A. and Mutharaju, R. (2020). Analyzing and Visualizing the Skill Demand in Indian Job Market using Web Crawling and Machine Learning. In *2020 International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, pp. 303–308. <https://doi.org/10.1109/ICIEM48762.2020.9160247>.

Mezzanzanica, M. and Mercorio, F. (2018). Big Data Enables Labor Market Intelligence. *Encyclopedia of Big Data Technologies*, pp. 1–11. https://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-63962-8_276-1.

Stephany, F., Braesemann, F. and Graham, M. (2020). Coding together – coding alone: the role of trust in collaborative programming. *Information, Communication & Society*, vol. 24, pp. 1944–1941. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2020.1749699>.

Vankevich, A. and Kalinouskaya, I. (2020). Ensuring sustainable growth based on the artificial intelligence analysis and forecast of in-demand skills. *First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020)*, Vol. 208, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020803060>.

Vankevich, A. and Kalinouskaya, I. (2021). Better understanding of the labour market using Big Data. *Ekonomia i pravo. Economics and law*, vol. 20, № 3, pp. 677–692.

Verma, R. and Raghavan, S. S. (2017). Extrapolating Trends in Demand and Supply of IT Professionals: *The Indian Scenario*. In *International Conference on Research into Design*, Springer, Singapore, pp. 751–760. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3518-0_65.

Информация об авторах

Information about the authors

Калиновская Ирина Николаевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: i-kalinovskaya@yandex.by

Iryna N. Kalinouskaya

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor of the Department "Economics and E-business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: i-kalinovskaya@yandex.by

Теоретико-методические подходы к формированию цифровой экосистемы рынка труда молодежи в регионе

С. О. Горовой

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. В современных условиях роль молодежи как социально-демографической группы на рынке труда возрастает. Экономический рост во многом зависит от того, в какой степени удастся сохранить и приумножить интеллектуальный капитал молодежи. Молодежь является основой рабочей силы в будущем, и от формирования трудовых условий ее деятельности зависит дальнейшее развитие нашего государства. Молодежь уже сегодня во многом определяет политическую, экономическую, научно-техническую, производственную и социальную структуру общества. Поэтому формирование патриотических трудовых установок молодых людей к обеспечению их эффективного перехода от учебы к работе является одним из главных условий экономической и социальной безопасности государства, стабильной социально-экономической динамики в будущем.

Цель исследования заключается в развитии теоретических и методических подходов к формированию цифровой экосистемы рынка труда молодежи, сравнительной оценке положения молодежи на рынке труда Республики Беларусь и региональном рынке труда (Витебской области), и разработке требований к обработке, классификации и визуализации данных в цифровой экосистеме рынка труда молодежи в регионе.

Объектом исследования выступает рынок труда молодежи Витебской области. Предмет исследования – совокупность социально-экономических отношений, возникающих в процессе трудоустройства молодежи для обеспечения ее эффективной занятости.

В статье обоснована необходимость формирования цифровой экосистемы рынка труда молодежи, предложено ее авторское определение; исследованы и обобщены существующие теоретические подходы к анализу рынка труда молодежи, составляющие методологическую основу создания цифровой экосистемы рынка труда молодежи; проведен анализ основных индикаторов рынка труда молодежи Витебской области в сравнении с Республикой Беларусь; выработаны основные принципы к обработке и визуализации данных в цифровой экосистеме рынка труда молодежи региона.

Ключевые слова: молодежь, рынок труда, цифровая экосистема, молодежная занятость и безработица, Витебская область.

Информация о статье: поступила 5 июня 2024 года.

Theoretical and methodological approaches to the formation of the digital ecosystem of the youth labour market in the region

Stanislav O. Gorovoy

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. In contemporary conditions, the role of youth in the labour market is increasing. Economic growth depends on the extent to which it is possible to preserve and enhance the intellectual capital of young people. Consequently, young individuals are the basis of the workforce in the future, and the development of our state depends on the formation of favorable work conditions for their engagement. Nowadays, youth play a pivotal role in shaping the political, economic, scientific, technical, industrial and social fabric of society. Therefore, fostering patriotic work attitudes among young people to ensure their effective transition from school to work is a primary aim for the economic and social security of the state, as well as maintaining stable socio-economic dynamics in the future.

The purpose of the study is to develop theoretical and methodological approaches for establishing a digital ecosystem within the youth labour market. It involves a comparative assessment of youth employment in the Republic of Belarus and the regional labour market (specifically, Vitebsk region). Additionally, the study outlines requirements for data processing,

classification and visualization within the digital ecosystem of the youth labour market in the region.

The object of the study is the youth labour market in the Vitebsk region. The subject of the study encompasses the socio-economic relations that emerge during youth employment, ensuring its effectiveness.

The article argues for the necessity of creating a digital ecosystem of the youth labour market and proposes its own definition. Theoretical approaches to the analysis of the youth labour market, which serves as the methodological basis for creating its digital ecosystem, have been studied and summarized. Furthermore, an analysis of key indicators related to the youth labour market in the Vitebsk region was carried out, comparing it with the youth labour market in the Republic of Belarus. Notably, the study highlights the factors influencing demand in the youth labour market of the Vitebsk region. Finally, basic principles for data processing and visualization within the digital ecosystem of the youth labour market in the region have been developed.

Keywords: youth, labour market, digital ecosystem, youth employment and unemployment, Vitebsk region.

Article info: received June 5, 2024.

Введение и актуальность исследования

В настоящее время рынок труда молодежи претерпевает значительные изменения как в нашей стране, так и во всем мировом сообществе. Это обусловлено многими факторами: влиянием пандемии, расширением процессов глобализации и цифровизации экономики, развитием виртуальных, сетевых и удаленных форм занятости, расширением использования технологий искусственного интеллекта, появлением новых профессий и специальностей в цифровой экономике, др. В данном контексте молодежь на рынке труда имеет как преимущества, так и недостатки. С одной стороны, молодые работники являются более восприимчивыми к новым знаниям и навыкам (особенно к цифровым) и более мобильны на рынке труда [Ванкевич и Горовой, 2022а]. С другой стороны, молодежь менее конкурентоспособна по сравнению с другими субъектами рынка труда из-за нехватки опыта работы, практических навыков и наличия несоответствий на рынке труда Республики Беларусь [Ванкевич и Горовой, 2022а]. Следовательно, одновременно обостряются вопросы эффективного трудоустройства молодежи, эффективного перехода от учебы к работе. Поэтому необходимо всестороннее изучение особенностей формирования спроса и предложения на рынке труда молодежи для разработки концептуальных направлений регулирования рынка труда молодежи на основе глубокого понимания его особенностей и комплексной оценки тенденций.

Среди отечественных авторов, уделявших особое внимание изучению положения молодежи на рынке труда, следует отметить работы Е. В. Ванкевич (сущность и методологические основы, особенности институционального строения, оценка несоответствий на рынке

труда молодежи), А. К. Дубовика (особенности нормативно-правового регулирования рынка труда молодежи в Республике Беларусь), Н. В. Бордачевой (определение роли рынка труда молодежи в структуре политики занятости населения), Г. Н. Соколовой (исследования социальных аспектов положения молодежи на рынке труда и специфики ее саморазвития и становления), Е. В. Голомазовой, Н. В. Маковской (исследование особенностей положения молодежи на рынке труда в рамках компетентностного подхода), Е. Н. Коробовой (особенности формирования спроса на рынке труда молодежи со стороны рынка образовательных услуг и региональных рынков труда), О. В. Зайцевой (исследование неформальной занятости молодежи в экономике). В Российской Федерации отдельными аспектами рынка труда молодежи занимаются Е. Я. Варшавская (исследования перехода от учебы к работе, НЕЕТ-молодежи), С. Ю. Рощин (исследования перехода от учебы к работе), М. Г. Минин (создание и развитие концепции трудоустраиваемости выпускников вузов), Н. В. Оплетина (изучение трудоустраиваемости выпускников на основе их социально-психологических характеристик), И. Е. Калабахина (исследование эффективных алгоритмов трудоустраиваемости выпускников вузов), А. В. Новоклинова, Ю. С. Колесникова, О. М. Максимчикова, А. В. Камашева, В. В. Кот, А. Г. Кузьмина, Т. Л. Клячко, В. А. Гневашева, Н. З. Скударева, М. М. Дудина, Г. Г. Руденко, А. Р. Савелов, В. О. Сычева, А. В. Камашева, А. Л. Халиков, С. С. Романькова, А. А. Вольхина, Н. В. Климова, В. А. Михеева, Е. В. Илясов, др. Среди зарубежных авторов вопросы рынка труда молодежи исследованы в работах М. Йорка (формирование моделей трудоустраиваемости выпускников учреждений образования), С. Элдер (изучение

перехода от учебы к работе на основе использования мониторингов трудоустройства выпускников), В. Хейдена, П. Найта, Дж. Хилледжа, Г. Уоттса, Л. Фейлера, Е. Поллара, М. Фигута, А. де Воса, С. Де Хоя, др. Изучением концептуальных вопросов трудоустраиваемости молодежи на рынке труда занимаются эксперты МОТ, ЕФО, ОЭСР, Всемирного банка, Европейского центра по развитию профессионального образования («Cedefop»), международной корпорации «Burning Glass Technologies».

Однако в общей системе трудорыночных отношений молодежный рынок труда не выделяется в качестве отдельного сегмента. Соответственно, остаются малоисследованными теоретические вопросы особенностей формирования спроса и предложения на рынке труда молодежи, специфика институционального строения, инфраструктуры рынка труда молодежи, информационного обеспечения для его анализа и регулирования. Непроработанность данных теоретических положений обусловило отсутствие методических подходов к разработке прикладных инструментов анализа и регулирования занятости молодежи. Поэтому несмотря на наличие ряда исследований отдельных аспектов рынка труда молодежи (NEET-молодежь, переход от учебы к работе, молодежная безработица, др.), комплексных исследований молодежного рынка труда не проводилось.

Изложенное выше предопределяет необходимость формирования цифровой экосистемы рынка труда молодежи, определения ее сущности, принципов к обработке и визуализации данных, направлений использования. Цифровую экосистему рынка труда молодежи можно определить как совместное взаимодействие учреждений образования, организаций-работодателей, органов государственного управления [Ванкевич, 2022]

в сферах молодежной занятости и образования на основе использования общих информационно-аналитических систем, прикладных баз данных, онлайн-сервисов и интернет-ресурсов с целями содействия первичному трудоустройству молодежи, снижения уровня молодежной безработицы и NEET-молодежи, обеспечения эффективного перехода от учебы к работе. Экосистемный подход позволит внести единообразие в оценку положения молодежи на рынке труда, скоординировать меры и направления регулирования молодежной занятости различных субъектов, разработать комплексные направления реализации региональной политики занятости молодежи, и в целом облегчить процесс поиска работы и трудоустройства молодежи.

Теоретические основы анализа положения молодежи на рынке труда

Рынок труда молодежи – это самостоятельный, обособленный сегмент совокупного рынка труда [Ванкевич, 2011], связанный со спецификой предложения рабочей силы на нем, обусловленной возрастом, социально-психологическими особенностями, различиями трудового поведения в зависимости от принадлежности к определенному поколению, и особенностями спроса на нем. Его выделение обусловлено наличием качественно однородной и значимой по численности демографической группы людей в составе совокупного рынка труда. Основным критерием выделения молодежи в отдельную социально-демографическую группу выступает возраст трудоспособного населения, но существует также взаимосвязь с поведенческими характеристикам молодежи [Руденко и Савелов, 2010; Кубаткина и Храмцова 2019] с точки зрения трудового поведения и мотивации.

Таблица 1 – Систематизация авторских подходов к определению понятия «молодежь»

Table 1 – Systematization of the author's approaches to the concept of «youth»

Подходы	Определение
Определение молодежи в контексте возрастных границ	«это особая социально-возрастная группа, отличающаяся возрастными рамками и своим статусом в обществе: переход от детства и юности к социальной ответственности» [Руденко и Савелов, 2010]
	«это особая социально-возрастная группа, отличающаяся возрастными рамками и своим статусом в обществе» [Раковская, 2009]
	«молодые граждане – граждане Республики Беларусь, иностранные граждане и лица без гражданства, постоянно проживающие в Республике Беларусь, в возрасте от четырнадцати до тридцати одного года» [Закон Республики Беларусь «Об основах государственной молодежной политики» ¹]

¹ URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=h10900065> (дата обращения: 10.02.2024).

Окончание таблицы 1 – Систематизация авторских подходов к определению понятия «молодежь»

Table 1 – Systematization of the author's approaches to the concept of «youth»

Подходы	Определение
Определение молодежи как относительно самостоятельной социально-демографической группы, выделяемой на основе социальных характеристик	«это социально-демографическая группа, выделяемая на основе обусловленных возрастом особенностей социального положения молодых людей, их места и функций в социальной структуре общества, их специфических интересов и ценностей» (Ресненко и Рыбакова, 2013)
	«социально-демографическая группа общества, выделяемая на основе совокупности характеристик, особенностей социального положения и обусловленных теми или другими социально-психологическими свойствами, которые определяются уровнем социально-экономического, культурного развития, особенностями социализации в обществе» (Романькова, 2017)
	«социально-демографическая группа, имеющая социальные и психологические черты, обусловленные возрастными особенностями молодых людей, процессом становления их духовного мира, спецификой положения в социальной структуре общества» (Буланов, 2019)
	«социально-демографическая группа, выделяемая на основе совокупности возрастных характеристик, особенностей социального положения и обусловленных ими социально-психологических свойств личности» (Генин, Вишневецкий и Кораблева, 2017)
	«социально-демографическая группа, переживающая период становления социальной зрелости, вхождения в мир взрослых, адаптации к нему» (Ромашов, 2014)
Определение молодежи через переходное состояние личности и социальное становление	«это поколение людей, проходящих стадию взросления, т. е. становления личности, усвоения знаний, социальных ценностей и норм, необходимых для того, чтобы состоять как полноценный и полноправный член общества» (Харитоновна и Ясько, 2009)
	«совокупность молодых людей, которым общество предоставляет возможность социального становления, обеспечивая их льготами, но ограничивая в возможности активного участия в определённых сферах жизни социума» (Гневашева, 2012)
	«это поколение людей, проходящих стадию социализации, усваивающих, а в более зрелом возрасте уже усвоивших, образовательные, профессиональные, культурные и другие социальные функции» (Ильясов, 2012)

Источник: составлено автором.

В настоящее время термин «молодежь» используется повсеместно в экономике, социологии и демографии, однако четкого терминологического закрепления пока не получил (таблица 1).

На основе проанализированных подходов можно дать обобщенное определение: молодежь – это группа людей, выделенная по социально-демографическому признаку, имеющая особенности социально-трудового поведения, обусловленного определенным социальным статусом в обществе и уровнем социально-экономического развития.

В условиях цифровой экономики проблема занятости молодежи приобретает новое социально-эконо-

мическое значение. С одной стороны, вопросы трудоустройства чрезвычайно значимы для самих молодых людей, с другой стороны – реализовать свой трудовой потенциал в профессиональной сфере удается далеко не каждому. Вопросы все возрастающего уровня безработицы среди молодежи и плохое качество предоставляемых молодежи рабочих мест находятся среди ключевых проблем современного рынка труда (Боброва [и др.], 2024). По данным ООН², число безработных молодых людей в возрасте 15–24 года стабильно растет в последнее десятилетие во всем мире. По оценкам экспертов МОТ³, молодежь в настоящее время составляет около половины всех безработных в мире. Такая тенденция

² URL: <https://w3.unece.org/PXWeb/ru/> (дата обращения: 18.02.2024).

³ URL: <https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm> (дата обращения: 20.02.2024).

особенно прослеживается в странах, где молодежь составляет значительную долю рабочей силы (например, США, Англия, Дания) при общей тенденции снижения населения (Боброва [и др.], 2024). Проблема трудоустройства молодежи подтверждается еще тем фактом, что с начала 2000-х гг. и до сегодняшнего времени уровень безработицы среди молодежи в мире существенно возрос (в 1,5–1,7 раза по данным МОТ⁴). Кроме того, наличие неработающей молодежи в стране влечет значительные потери для экономики. Например, страны Европейского союза еженедельно несут финансовые затраты в размере 5–7 млрд. евро на содержание безработной молодежи, включая расходы на государственные пособия и потери от снижения ВВП⁵. В этой связи, в настоящее время правительствами многих стран и международными организациями (МОТ, ООН, ЕФО, ЮНЕСКО, др.) предпринимаются значительные усилия для повышения эффективности трудоустройства молодежи (Боброва [и др.], 2024).

Общепринятый подход к определению возрастных границ молодежи в международной статистике труда⁶ гласит, что к категории «молодежь» относят население в возрасте 15–29 лет. В соответствии со статьей 1 Закона Республики Беларусь № 65-3 «Об основах государственной молодежной политики» от 07.12.2009 г. (с изм. и доп.)⁷ под «молодыми гражданами» понимают «граждан Республики Беларусь, иностранных граждан и лиц без гражданства, постоянно проживающих в Республике Беларусь, в возрасте от четырнадцати до тридцати одного года», но в различных формах статистической отчетности используются различные возрастные диапазоны (например, 14–30 лет, 15–30 лет, 15–31 год, до 30 лет включительно, др.). Это вносит разногласия при анализе и прогнозе молодежного рынка труда и затруднения при международных сопоставлениях. Вместе с тем, учитывая доступность национальной и зарубежной статистики в анализе рынка труда молодежи и в соответствии с ключевыми индикаторами достойного труда (KILM) целесо-

образно под «молодежью» понимать именно категорию лиц в возрасте 15–29 лет, что обеспечит единство в подходах к анализу молодежного рынка труда.

Следует отметить, что молодежь в возрасте 15–29 лет на рынке труда неоднородна по своему составу (Кот и Кузьмина, 2018; Федорковский, 2015; Скударева, 2017; European Commission, 2019). Поэтому для выявления специфики трудового поведения представляется необходимым выделить молодежные подгруппы (сегменты), характеризующиеся специфическими проблемами и особенностями трудового поведения и социально-трудовой адаптации. В соответствии с методическими рекомендациями Национального статистического комитета Республики Беларусь по расчету показателей, характеризующих спрос и предложение на рынке труда⁸, выделяются:

- в исследованиях безработицы – 4 группы: до 18 лет, 18–19 лет, 18–25 лет, 26–30 лет;
- по отношению к трудоспособности населения – 2 группы: моложе трудоспособного возраста, в трудоспособном возрасте;
- в исследовании кадровых ресурсов организации (рабочее время, заработная плата, др.) – 5 групп: до 16 лет, 16–17 лет, 16–24 года, 18–24 года, 25–29 лет;
- в обследованиях рабочей силы и в целом по национальной статистике – 3 категории: 15–19 лет, 20–24 года, 25–29 лет.

Таким образом, единого подхода в национальной статистике не сформировано. В зарубежной практике наблюдаются аналогичные тенденции (например, в исследованиях Европейского статистического комитета⁹ используются границы 15–24, 20–24, 15–29 лет.

Обобщая изложенное выше, для целей дальнейшего анализа рынка труда молодежи целесообразно выделить 3 основные подгруппы: 15–19 лет, 20–24 года, 25–29 лет. Данный подход согласуется не только с национальной статистикой¹⁰, но и международной статистикой труда¹¹, а также с ключевыми индикаторами достойного тру-

⁴ URL: <https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm> (дата обращения: 20.02.2024).

⁵ URL: <https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm> (дата обращения: 20.02.2024).

⁶ URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/indikatory-dostoy-nogo-truda/> (дата обращения: 06.03.2024).

⁷ URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=h10900065> (дата обращения: 10.03.2024).

⁸ URL: <https://www.belstat.gov.by/metodologiya/metodiki-po-formirovaniyu-i-raschetu-statistichesk/> (дата обращения: 14.03.2024).

⁹ URL: <https://ec.europa.eu/eurostat> (дата обращения: 15.03.2024).

¹⁰ URL: <https://www.belstat.gov.by/metodologiya/metodiki-po-formirovaniyu-i-raschetu-statistichesk/> (дата обращения: 16.03.2024).

¹¹ URL: <https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm> (дата обращения: 20.03.2024).

да¹². Кроме этого, в рамках данных возрастных границ, молодые люди имеют отличительные социально-демографические и социально-экономические особенности в поведении на рынке труда.

Наименее защищенной является молодежь от 15 до 19 лет, большая часть которой учится, меньшая часть работает, и ее трудовые возможности во многом ограничены неквалифицированной, малоквалифицированной, низкооплачиваемой работой в трудовой сфере (как в производственной, так и в сфере услуг) (Горовой, 2023а; Тугускина, Рожкова и Корж, 2021). Молодые люди в возрасте 20–24 года – завершившие или завершающие профессиональную подготовку. В группе лиц в возрасте 20–24 года наибольшую интенсивность приобретает процесс получения профессиональных знаний и навыков, опыта работы (Дудина и Глотова, 2015; Шаповал, 2016). Для данной группы трудоустройству, как правило, препятствуют уровень и качество полученного образования, невостребованность и непопулярность определенных специальностей и квалификаций на рынке труда (Горовой, 2023б; Калабахина, 2015; Сычева, 2015). Молодежь в возрасте 25–29 лет в основном уже определила свою профессиональную стратегию и имеет определенный опыт работы. В данный период жизни молодые работники предъявляют более высокие требования к предлагаемой (будущей) работе, но и более ориентированы на закрепление на рынке труда.

Таким образом, рынок труда молодежи правомерно рассматривать в качестве относительно самостоятельного сегмента рынка труда, обусловленного наличием социально-демографической группы, характеризующейся не только возрастными признаками, но и особенностями социального-трудового становления и развития (Горовой, 2023а; Дудина и Глотова, 2015; Калабахина, 2015; Mitrofanova, 2022). Он является составной частью совокупного рынка труда, а учет специфики молодежи в составе трудовых ресурсов позволяет создать условия для ее эффективного трудоустройства и занятости.

Анализ рынка труда молодежи в Республике Беларусь и Витебской области

Для анализа спроса и предложения на рынке труда молодежи может быть использована трехсторонняя оценка (Боброва [и др.], 2024):

1) демографическое измерение рынка труда молодежи (численность молодежи, в том числе по ее отдель-

ным группам – 15–19 лет, 20–24 года, 25–29 лет; гендерная структура молодежи): важные аспекты проблематики развития рынка труда во взаимосвязи с демографическими процессами позволяет более глубоко исследовать положение молодежи на рынке труда, выделить ее особенности как социально-демографической группы;

2) исследование занятости молодежи (численность занятой молодежи, уровень занятости молодежи, численность рабочей силы среди молодежи, уровень участия молодежи в рабочей силе): позволяет оценить экономическую активность молодежи на рынке труда;

3) исследование безработицы среди молодежи (численность безработной молодежи, в том числе по ее отдельным группам – 15–19 лет, уровень молодежной безработицы).

Следует отметить, что численность молодежи в нашей стране ежегодно снижается (таблица 2), но различными темпами в зависимости от возрастной категории молодежи (15–19 лет, 20–24 года, 25–29 лет) и региона.

По данным, представленным в таблице 2 следует отметить, что в Республике Беларусь численность молодежи за 2015–2023 гг. снизилась на 424 тыс. чел. (на 23,1%). В большей степени снизилась численность молодежи в возрасте 20–24 года и 25–29 лет – на 152,3 тыс. чел. (на 25,14 %) и 296,3 тыс. чел. (на 38,13 %) соответственно за 2015–2023 гг. Численность молодежи в возрасте 15–19 лет с 2015 г. по 2017 г. снизилась на 12,3 тыс. чел., однако с 2018 г. по 2023 г. произошел прирост и превышение численности молодежи в 2023 г. составило 24,6 тыс. чел. (5,44 %) по отношению к 2015 г.

На региональном рынке труда молодежи (на примере Витебской области) наблюдаются аналогичные тенденции. Так, общая численность молодежи Витебской области сократилась с 216,8 тыс. чел. в 2015 г. до 153,5 тыс. чел. в 2023 г. (на 63,3 тыс. чел. или на 29,2 %). Наибольшее снижение численности молодежи было характерно для лиц в возрасте 25–29 лет – на 42 тыс. чел., что составляет практически половину от уровня 2015 г. Численность молодежи в возрасте 20–24 года тоже претерпела существенное снижение – на 22 тыс. чел. (на 31,51 %).

Следует отметить, что молодежь в стране распределена достаточно равномерно по гендерному признаку (таблица 4).

¹² URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/indikatoriy-dostoy-nogo-truda/> (дата обращения: 22.03.2024).

Таблица 2 – Динамика численности молодежи по отдельным ее категориям в Республике Беларусь за 2015–2023 гг.

Table 2 – Dynamics of the number of young people by categories in the Republic of Belarus for 2015–2023

Показатель	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Всего молодежь в возрасте 15–29 лет, в т. ч.:	1 835,2	1 768,1	1 692,2	1 622,1	1 561,6	1 509,5	1 461,0	1 430,5	1411,2
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-67,1	-143,0	-213,1	-273,6	-325,7	-374,2	-404,7	-424,0
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	96,34	92,21	88,39	85,09	82,25	79,61	77,95	76,90
в возрасте 15–19 лет	452,4	442,8	440,1	444,5	451,9	458,6	460,9	464,7	477,0
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-9,6	-12,3	-7,9	-0,5	6,2	8,5	12,3	24,6
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	97,88	97,28	98,25	99,89	101,37	101,88	102,72	105,44
в возрасте 20–24 года	605,7	564,2	524,6	484,8	461,3	445,1	438,8	445,2	453,4
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-41,5	-81,1	-120,9	-144,4	-160,6	-166,9	-160,5	-152,3
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	93,15	86,61	80,04	76,16	73,49	72,45	73,50	74,86
в возрасте 25–29 лет	777,1	761,1	727,5	692,8	648,4	605,8	561,3	520,5	480,8
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-16	-49,6	-84,3	-128,7	-171,3	-215,8	-256,6	-296,3
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	97,94	93,62	89,15	83,44	77,96	72,23	66,98	61,87

Источник: рассчитано автором на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁵.

По данным таблицы 4 следует отметить, что в общей структуре молодежи по полу преобладают мужчины (50,94 % в 2023 г.), и в разрезе отдельных возрастных групп молодежи эта тенденция сохраняется. Так, в структуре молодежи в возрасте 15–19 лет и 20–24 лет также преобладают мужчины – 51,16 % и 51,62 % в 2023 г. соответственно, и наблюдаются тенденции роста их удельного веса на протяжении 2015–2023 гг. (особенно характерно для молодежи в возрасте 20–24 года).

В структуре молодежи Витебской области (таблица 5) преобладают мужчины – 51,61 % в 2023 г., при этом данный показатель вырос на 1,38 п. п. по отношению к 2015 г. По всем возрастным группам молодежи наблюдается аналогичная тенденция: удельный вес мужчин растет, а женщин снижается.

Численность рабочей силы среди молодежи в Республике Беларусь также снизилась: с 1271,2 тыс. чел в 2015 г. до 821,3 тыс. чел. в 2023 г. (на 449,9 тыс. чел. или на 35,39 %).

¹⁵ URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144299> [дата обращения: 06.04.2024].

Таблица 3 – Динамика численности молодежи по отдельным ее категориям в Витебской области за 2015–2023 гг.

Table 3 – Dynamics of the number of young people by categories in the Vitebsk region for 2015–2023

Возраст	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Всего молодежь в возрасте 15–29 лет, в т. ч.:	216,8	206,1	195,0	183,0	174,7	166,6	160,6	156,9	153,5
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-10,7	-21,8	-33,8	-42,1	-50,2	-56,2	-59,9	-63,3
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	95,06	89,94	84,41	80,58	76,85	74,08	72,37	70,80
в возрасте 15–19 лет	51,8	49,6	48,8	49,3	49,9	50,5	51,0	51,6	52,5
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-2,2	-3	-2,5	-1,9	-1,3	-0,8	-0,2	0,7
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	95,75	98,39	101,02	101,22	101,20	100,99	101,18	101,74
в возрасте 20–24 года	72,1	65,9	60,0	53,6	49,7	47,2	46,8	48,4	50,1
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-6,2	-12,1	-18,5	-22,4	-24,9	-25,3	-23,7	-22,0
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	91,40	83,22	74,34	68,93	65,46	64,91	67,13	69,49
в возрасте 25–29 лет	92,9	90,6	86,2	80,1	75,1	68,9	62,8	56,9	50,9
Изменение, тыс. чел. (к 2015 г.)	–	-2,3	-6,7	-12,8	-17,8	-24,0	-30,1	-36,0	-42,0
Темп роста, % (к 2015 г.)	100,00	97,52	92,79	86,22	80,84	74,17	67,60	61,25	54,79

Источник: рассчитано автором на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁴.

Динамика изменения численности молодежи в составе рабочей силы характеризуется аналогичными тенденциями (рисунок 1).

В Витебской области (рисунок 2) численность рабочей силы молодежи также снизилась: с 157,1 тыс. чел. в 2015 г. до тыс. чел. в 2023 г. (на 69,7 тыс. чел. или на 44,37 %).

В Витебской области (рисунок 2) численность рабочей силы молодежи также снизилась: с 157,1 тыс. чел. в 2015 г. до тыс. чел. в 2023 г. (на 69,7 тыс. чел. или на

44,37 %).

Анализ динамики демографических показателей рынка труда молодежи в Республике Беларусь свидетельствует о следующих тенденциях:

- снижении общей численности молодежи за 2015–2023 гг. на 23,1 %, но в большей степени снизилась численность молодежи в возрасте 25–29 лет – на 38,13 %;
- в структуре молодежи по полу преобладают мужчины – 50,94 % в 2023 г. при незначительных структурных сдвигах;

¹⁴ URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144299> (дата обращения: 06.04.2024).

Таблица 4 – Структура молодежи по полу в Республике Беларусь за 2015–2023 гг.

Table 4 – Youth gender structure in the Republic of Belarus for 2015–2023

Возраст	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Всего, в т. ч. в возрасте	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	50,40	50,37	50,39	50,46	50,53	50,61	50,68	50,78	50,94
женщины	49,60	49,63	49,61	49,54	49,47	49,39	49,32	49,22	49,06
15-19 лет	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	51,08	51,10	51,28	51,53	51,52	51,40	51,23	51,25	51,16
женщины	48,92	48,90	48,72	48,47	48,48	48,60	48,77	48,75	48,84
20-24 года	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	50,18	50,19	50,19	50,37	50,81	51,09	51,25	51,39	51,62
женщины	49,82	49,81	49,81	49,63	49,19	48,91	48,75	48,61	48,38
25-29 лет	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	50,18	50,08	50,00	49,83	49,65	49,67	49,78	49,86	50,09
женщины	49,82	49,92	50,00	50,17	50,35	50,33	50,22	50,14	49,91

Источник: рассчитано автором на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁵.

Таблица 5 – Структура молодежи по полу в Витебской области за 2015–2023 гг.

Table 5 – Table 5 – Youth gender structure Vitebsk region for 2015–2023

Возраст	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Всего, в т. ч. в возрасте	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	50,23	50,26	50,40	50,70	50,87	50,96	51,17	51,38	51,61
женщины	49,77	49,74	49,60	49,30	49,13	49,04	48,83	48,62	48,39
15-19 лет	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	50,61	50,72	51,26	51,85	52,17	52,05	51,59	51,58	51,42
женщины	49,39	49,28	48,74	48,15	47,83	47,95	48,41	48,42	48,58
20-24 года	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	49,67	49,92	50,06	50,63	50,99	51,14	51,43	51,68	51,98
женщины	50,33	50,08	49,94	49,37	49,01	48,86	48,57	48,32	48,02
25-29 лет	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
мужчины	50,46	50,25	50,14	50,04	49,93	50,04	50,65	50,94	51,43
женщины	49,54	49,75	49,86	49,96	50,07	49,96	49,35	49,06	48,57

Источник: рассчитано автором на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁶.

¹⁵ URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144299> [дата обращения: 06.04.2024].

¹⁶ URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144299> [дата обращения: 06.04.2024].

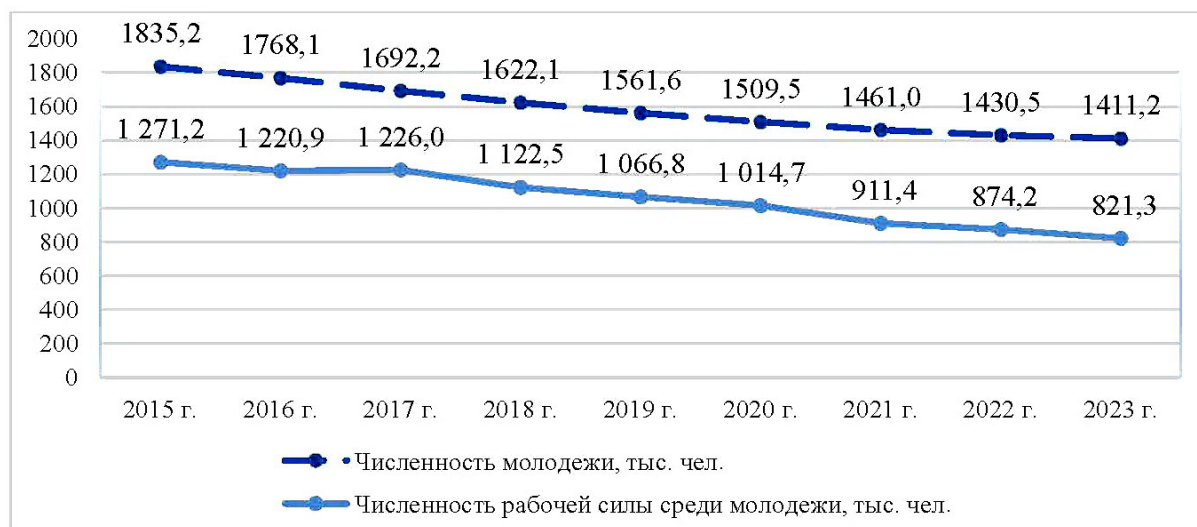


Рисунок 1 – Соотношение численности молодежи и численности рабочей силы среди молодежи в Республике Беларусь за 2015–2023 гг.

Figure 1 – Ratio of the number of young people and the youth labour force in the Republic of Belarus for 2015–2023

Источник: авторская разработка на основе таблицы 2, данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁷.

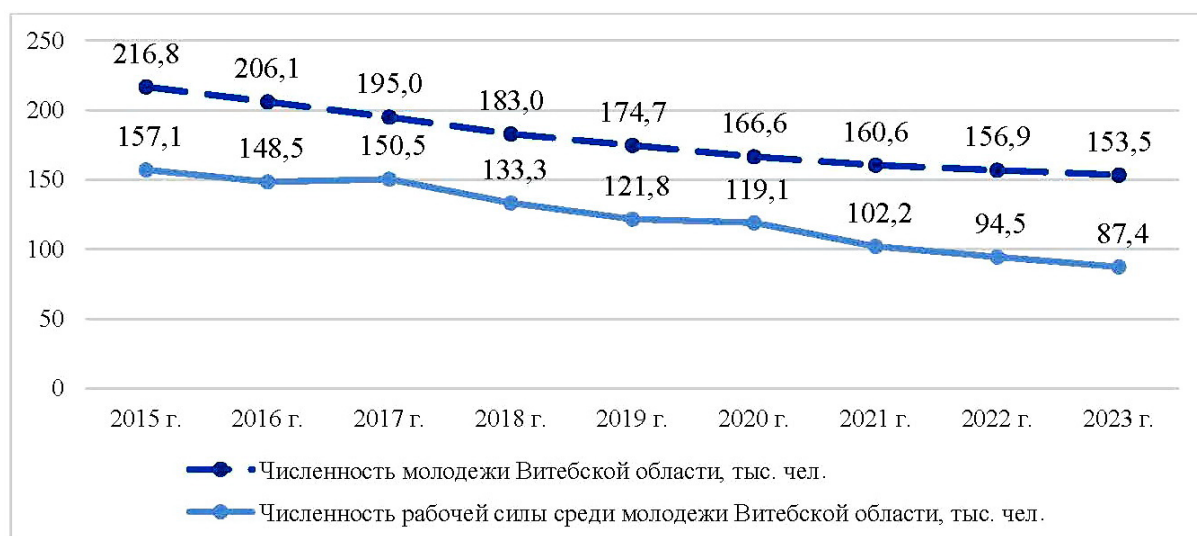


Рисунок 2 – Соотношение численности молодежи и численности рабочей силы среди молодежи в Витебской области за 2015–2023 гг.

Figure 2 – Ratio of the number of young people and the youth labour force in the Vitebsk region for 2015–2023

Источник: авторская разработка на основе таблицы 3, данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁸.

¹⁷ URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=262035> (дата обращения: 12.04.2024).

¹⁸ URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=262035> (дата обращения: 12.04.2024).

– уменьшение численности рабочей силы среди молодежи на 35,39 % за 2015–2023 гг.

Региональный рынок труда молодежи Витебской области с демографической точки зрения характеризуется:

– снижением численности молодежи на 63,3 тыс. чел. (на 29,2 %), при этом больше всего сократилась численность молодежи в возрасте 25,29 лет – на 42,0 тыс. чел. (на 45,21 %);

– преобладанием в структуре молодежи по полу мужчин – 51,61 % в 2023 г., при этом их удельный вес ежегодно прирастает;

– сокращением численности рабочей силы среди молодежи на 69,7 тыс. чел. (на 44,37 %).

Таким образом, демографические показатели рынка труда молодежи как в Республике Беларусь, так и в Витебской области за анализируемый период имеют

Таблица 6 – Анализ уровня участия в рабочей силе, уровня занятости и уровня безработицы молодежи в Витебской области за 2015–2023 гг.

Table 6 – Analysis of the labour force rate, youth employment and unemployment rates in the Vitebsk region for 2015–2023

Показатель	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Численность безработных всего, тыс. чел.	34,7	40,0	41,9	30,5	22,5	26,8	30,3	24,0	21,7
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	5,3	7,2	-4,2	-12,2	-7,9	-4,4	-10,7	-13,0
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	115,27	120,75	87,90	64,84	77,23	87,32	69,16	62,54
Численность безработной молодежи, тыс. чел.	12,9	11,4	10,7	9,0	4,7	9,6	8,8	7,4	5,1
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	-1,5	-2,2	-3,9	-8,2	-3,3	-4,1	-5,5	-7,8
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	88,37	82,95	69,77	36,43	74,42	68,22	57,36	39,53
Уровень безработицы, %	5,3	6,2	6,4	4,8	3,6	4,3	5,0	4,0	3,7
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	0,9	1,1	-0,5	-1,7	-1,0	-0,3	-1,3	-1,6
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	116,98	120,75	90,57	67,92	81,31	94,34	75,48	68,92
Уровень молодежной безработицы, %	8,2	7,7	7,1	6,8	3,8	8,1	8,6	7,9	5,8
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	-0,5	-1,1	-1,4	-4,4	-0,1	0,4	-0,3	-2,4
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	93,90	86,59	82,93	46,34	98,78	104,88	96,34	70,73
Численность занятых всего, тыс. чел.	625,0	602,3	608,1	606,8	605,7	595,6	576,4	575,4	573,2
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	-22,7	-16,9	-18,2	-19,3	-29,4	-48,6	-49,6	-51,8
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	96,37	97,30	97,09	96,91	95,30	92,22	92,06	91,71
Численность занятой молодежи, тыс. чел.	144,2	137,1	139,8	124,3	117,1	109,4	93,4	87,0	82,3

Окончание таблицы 6 – Анализ уровня участия в рабочей силе, уровня занятости и уровня безработицы молодежи в Витебской области за 2015–2023 гг.

Table 6 – Analysis of the labour force rate, youth employment and unemployment rates in the Vitebsk region for 2015–2023

Показатель	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	-7,1	-4,4	-19,9	-27,1	-34,8	-50,8	-57,2	-61,9
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	95,08	96,95	86,20	81,21	75,87	64,77	60,33	57,07
Уровень занятости, %	67,1	65,2	65,8	66,7	66,9	66,2	65,9	66,5	66,9
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	-1,9	-1,3	-0,4	-0,2	-0,9	-1,2	-0,6	-0,2
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	97,17	98,06	99,40	99,70	98,62	98,21	99,11	99,70
Уровень занятости молодежи, %	63,6	62,8	64,1	62,4	61,5	60,0	58,2	55,5	53,6
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	-0,8	0,5	-1,2	-2,1	-3,6	-5,4	-8,1	-10
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	98,74	100,79	98,11	96,70	94,34	91,51	87,26	84,28
Уровень участия в рабочей силе лиц в возрасте 15–29 лет	69,3	68,1	69,0	67,0	63,9	65,3	63,3	60,2	56,9
Изменение (к 2015 г.), тыс. чел.	–	-1,2	-0,3	-2,3	-5,4	-4	-6	-9,1	-12,4
Темп роста (к 2015 г.), %	100,00	98,27	99,57	96,68	92,21	94,23	91,34	86,87	82,11

Источник: рассчитано автором на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁹.

тенденцию к снижению, что является сдерживающим фактором для его дальнейшего развития.

Существенным недостатком рынка труда молодежи Витебской области является наличие более высокого уровня молодежной безработицы и более низкого уровня занятости молодежи в сравнении с общими уровнями безработицы и занятости в регионе (таблица 6).

По данным таблицы 6 можно сделать следующие выводы:

– положительное снижение численности безработной молодежи на 7,8 тыс. чел. (на 61,47 %) за 2015–2023 гг., что обусловило уменьшение уровня молодежной безработицы с 8,2 % до 5,8 % за исследуемый период. Однако если сравнить с общим уровнем безработицы по Витебской области – 3,7 % в 2023 г., то уровень молодежной безработицы превосходит его более чем в 1,5 раза;

– негативная тенденция уменьшения численности занятой молодежи – на 61,9 тыс. чел. (на 42,91 %) за 2015–2023 гг., что обусловило снижение уровня занятости молодежи с 63,3 % в 2015 г. до 53,3 % в 2023 г. (на 10 п. п.). При этом следует отметить, что уровень занятости молодежи в 2023 г. (53,3 %) меньше общего уровня занятости в Витебской области (66,9 %) на 13,6 п. п., что еще раз подчеркивает более уязвимое положение молодежи на региональном рынке труда;

– снижение уровня участия в рабочей силе лиц в возрасте 15–29 лет на 12,4 тыс. чел. (на 27,89 %) в 2023 г. по отношению к 2015 г.

Таким образом, исследование показателей занятости и безработицы среди молодежи, а также их динамики за 2015–2023 гг., позволяет сделать вывод, что трудовой потенциал молодежи в регионе используется

¹⁹ URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Search?code=1063066#> (дата обращения: 18.04.2024).

не в полной мере. На фоне снижения общего уровня безработицы в Витебской области, уровень занятости и уровень участия молодежи в рабочей силе снижается, несмотря на увеличение числа свободных рабочих мест и вакансий (отмечено на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2024). Поэтому наряду с проблемой безработицы, для молодежи также становится характерной проблема несоответствия полученной специальности требованиям рынка труда, что проявляется в наличии избыточного или недостаточного образования, или трудоустройстве не по специальности (Ванкевич, 2022). В этой связи достижение баланса между практикоориентированным обучением и эффективным трудоустройством может способствовать сокращению уровня безработицы как в стране, так и в регионе; повышению уровня жизни каждого молодого специалиста, который будет востребован и социально мобилен на рынке труда.

Выводы и практические рекомендации

По результатам анализа демографических тенденций рынка труда молодежи Витебской области следует отметить, что наблюдается ряд негативных тенденций: сокращается численность молодежи (особенно это характерно для лиц в возрасте 20–24 года и 25–29 лет), численность рабочей силы молодежи, численность занятой молодежи, которые обуславливают определенный дефицит молодых трудовых ресурсов в регионе. С одной стороны, такие демографические тенденции приводят к неэффективному использованию и распределению трудовых ресурсов молодежи в экономике региона, а с другой стороны – свидетельствуют о предрасположенности молодежи к трудовой миграции и мобильности. Следовательно, демографический фактор необходимо учитывать при формировании региональной молодежной политики, а сложившиеся демографические тенденции в сфере формирования трудовых ресурсов молодежи должны диктовать политику в области обеспечения занятости молодежи (Боброва [и др.], 2024).

Необходимо также отметить, что несопоставимость методических подходов официальной статистики в Республике Беларусь с международными подходами в статистике труда не позволяет осуществить расчёт отдельных статистических показателей (например, сравнить численность рабочей силы по категориям 15–19 лет, 20–24 года, 25–29 лет, уровень участия молодежи в рабочей силе, др.). В конечном итоге это приводит к неполным выводам и невозможности учета всех факторов, регули-

рующих ситуацию на молодежном рынке труда. Вместе с тем, еще одним недостатком выступает отсутствие информации о численности занятой молодежи в разрезе видов деятельности, что не позволяет оценить секторальное распределение молодежи, а также рассчитать масштабы ее экономической активности и неактивности как в стране, так и в регионе. В комплексе это ограничивает возможности обоснования эффективных направлений регулирования молодежного рынка труда. Следовательно, необходимо дополнение анализа рынка труда молодежи по следующим направлениям: исследование трудоустройства выпускников учреждений образования (Elder, 2009) с определением востребованных навыков и степени их соответствие (несоответствие) компетенциям выпускников (Ванкевич и Горовой, 2022а); анализ вакансий для молодежи из открытых онлайн-источников и использование технологий искусственного интеллекта (Ванкевич, 2023).

Для развития этих направлений должна быть сформирована цифровая экосистема (Ванкевич и Горовой, 2022б) рынка труда молодежи региона, в основу которой могут быть заложены следующие требования (принципы) к обработке, классификации и визуализации данных:

- принцип целевой ориентации данных – предполагает анализ и представление данных для конкретной целевой аудитории:

- 1) выпускников учреждений образования: в части получения аналитической информации (обзоры, аналитические доклады, инфографика) о востребованных специальностях (профессиях) и навыках на рынке труда молодежи для формирования своей профессиональной ориентации и построения карьеры; об эффективных способах поиска работы и проблемах, с которыми можно столкнуться при трудоустройстве;

- 2) отделов образования Витебского областного исполнительного комитета, региональных образовательных объединений и комитетов Витебской области: в части получения аналитической информации о трудоустраиваемости выпускников учреждений образования и эффективности их трудоустройства после выпуска; о востребованных навыках на рынке труда молодежи для совершенствования профориентационной работы и учебно-методической документации в учреждениях образования с целью ориентации их на реальные запросы к навыкам на рынке труда молодежи, а не только на численность в разрезе уровней и профилей подготовки

специалистов;

3) Комитета по труду, занятости и социальной защите Витебского областного исполнительного комитета: в части получения информации о состоянии и тенденциях рынка труда молодежи для разработки прогнозов в единой информационно-аналитической системе (например, ее можно создать на официальном портале Государственной службы занятости – gsz.gov.by) и учета при подготовке нормативно-правовых актов по вопросам занятости молодежи, государственной молодежной политики и политики занятости населения;

4) работодателей (организаций, предприятий, региональных объединений индивидуальных предпринимателей и юридических лиц): с целью получения оперативной, доступной информации о численных показателях выпускников учреждений образования в разрезе специальностей и уровней подготовки, о приобретенных навыках и компетенциях выпускниками, классифицированных по единой методологии – для того, чтобы работодатель при подборе кадров мог самостоятельно оценить степень соответствия навыков молодого человека профессионально-квалификационным требованиям рабочего места, что позволит сократить трудозатраты и затраты времени на подбор сотрудников, а также финансовые ресурсы на адаптацию молодого человека и его дополнительное обучение;

– принцип взаимодействия стейкхолдеров на рынке труда молодежи – означает объединение усилий региональных органов государственного управления в сфере образования, Комитета по труду, занятости и социальной защите Витебского областного исполнительного комитета и его подведомственных структур, учреждений образования, работодателей и их кадровых служб в создании информационно-аналитической платформы для анализа, классификации и представления данных в цифровой экосистеме рынка труда, ориентированных на выпускников, на основе комбинирования различных статистических данных Национального статистического комитета Республики Беларусь и данных, полученных из неофициальных источников информации о рынке труда молодежи, с целью объединения всех данных в единый централизованный массив для определения соответствия между требованиями рынка труда к молодым специалистам и уровнем их подготовки в системе образования;

– принцип комбинирования (интеграции) данных – означает использование как официальных (данные На-

ционального статистического комитета Республики Беларусь, данные Общереспубликанского банка вакансий, Фонда социальной защиты населения Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, данные обследований домашних хозяйств по проблемам занятости населения), так и неофициальных баз данных (прикладные массивы, сформированные по результатам исследований трудоустройства выпускников в регионе, анализа онлайн-порталов вакансий региона с помощью больших данных и технологий искусственного интеллекта);

– принцип сочетания централизации и децентрализации в проектном управлении – предполагает скоординированные действия всех региональных органов управления в сферах образования и занятости региона и их подведомственных структур в сборе и анализе показателей (как количественных, так и качественных), характеризующих состояние и динамику рынка труда молодежи; в формировании единой прикладной базы данных с возможностью проведения аналитики и формирования прогнозов рынка труда молодежи для разработки программ и проектов регулирования занятости молодежи в стране;

– принцип многоцелевого использования результатов – поскольку цифровая экосистема рынка труда молодежи и данные представляемые в ней имеют ценность для широкого круга стейкхолдеров, охватывают различные аспекты трудоустройства, дают возможность в объяснении причин, факторов, повлиявших на ситуацию с трудоустройством, в анализе связи между отдельными характеристиками выпускника, результативностью его обучения и последующим переходом от учебы к работе, необходимо обеспечить многостороннее использование полученной информации.

Таким образом, реализация предложенных теоретико-методических основ и принципов для формирования цифровой экосистемы рынка труда молодежи региона может способствовать: оказанию информационной и организационной помощи молодежи при поиске работы и трудоустройстве; дополнению анализа рынка труда молодежи новыми показателями и характеристиками, на основе которых может быть сформирован его прогноз; координации работы органов государственного управления в сферах занятости и образования для совершенствования подготовки молодых специалистов и их закрепляемости на рынке труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Боброва, А. Г., Батова, Н. Н., Тетеринец, Т. А., Андиленко, Т. В., Андрос, И. А., Ванкевич, Е. В., Воронежская, Л. Г., Горовой, С. О., Давидовский, С. В., Дорошкевич, И. П., Кацер, А. М., Кот, У. В., Лебедевич, М. В., Мурашко, О. Ю., Пилецкий, К. В. и Самцова, Д. В. (2024). *Демографическое, социальное и экологическое развитие в Беларуси и мире*. Минск: Национальная академия наук Беларуси, Институт экономики, Республика Беларусь.

Бордачёва, Н. В. (2005). Молодежь на рынке труда: проблемы и пути решения. *Вестник Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта*, № 3, с. 83–87.

Буланов, В. С. (2019). Методологические вопросы исследования рынка труда. *Общество и экономика*, № 2, с. 132–138.

Ванкевич, Е. В. (2011). Рынок труда молодежи: особенности формирования и направления регулирования. *Вестник Белорусского государственного экономического университета*, № 1, с. 24–29.

Ванкевич, Е. В. (2022). Цифровая экосистема рынка труда: сущность и направления формирования в Республике Беларусь. *Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы XV Международной научно-практической конференции*, Минск, 19–20 мая 2022 г., с. 201–202.

Ванкевич, Е. В. (2023). Онлайн-измерение рынка труда Республики Беларусь. *Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы XVI Международной научно-практической конференции*, Минск, 19 мая 2023 г., с. 79.

Ванкевич, Е. В. и Горовой, С. О. (2022). Исследование трудоустройства выпускников как дополнительный инструмент оценки востребованных навыков на рынке труда. *Белорусский экономический журнал*, № 2, с. 91–106.

Ванкевич, Е. В. и Горовой, С. О. (2022). Формирование экосистемы компетенций на рынке труда молодежи. *Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, г. Витебск, 27 апреля 2022, т. 2, с. 393–396.

Ванкевич, Е. В. и Коробова, Е. Н. (2019). Эмпирическое исследование занятости и безработицы молодежи в Беларуси (региональный аспект). *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (37), с. 115–129.

Варшавская, Е. Я. (2016). Успешность перехода «учеба–работа»: для кого дорога легче? *Социологические исследования*, № 2, с. 39–46.

Генин, Л. В., Вишневецкий В. Ю. и Кораблева Г. Б. (2017). Кадровый потенциал работы с молодежью. *Социологические исследования*, № 10, с. 87–93.

Гневашева, В. А. (2012). *Молодежь России: особенности профессионального становления*. Москва: Московский государственный университет, Российская Федерация.

Голомазова, Е. С. и Морозевич, О. А. (2018). Развитие оперативного подхода к исследованию востребованных рынком труда компетенций. *Научные труды Белорусского государственного экономического университета / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный экономический университет*, с. 296–306.

Горовой, С. О. (2023). Особенности рынка труда молодежи в системе трудовых отношений. *Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК–2023): сборник материалов национальной (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции, г. Иваново, 24–27 апреля 2023 г.*, с. 881–883.

Горовой, С. О. (2023). Особенности формирования спроса на труд на молодежном рынке труда в период становления цифровой экономики. *Современные исследования проблем управления кадровыми ресурсами: сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции (МИРЭА – Российский технологический университет), 28–30 марта 2023 г.*, том 2, с. 107–112.

Дубовик, А. К. (2010). Рынок труда молодежи в Республике Беларусь: проблемы теории и практики. *Наука и техника*, № 5, с. 67–72.

Дудина, М. М. и Глотова, Е. Е. [2015]. Изучение требований работодателей к выпускникам вузов: российский и зарубежный опыт. *Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования*, № 1(5), с. 95–98.

Емелина, Н. К., Рожкова, К. В., Рошин, С. Ю., Солнцев, С. А. и Травкин П. В. [2022]. *Выпускники высшего образования на российском рынке труда: тренды и вызовы*. Москва: Издательский дом НИУ ВШЭ, Российская Федерация.

Зайцева, О. В. [2023]. *Развитие нестандартных форм занятости в Республике Беларусь в условиях цифровизации экономики: монография*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.

Илясов, Е. В. [2012]. Молодежь на рынке труда. *Новые знания*, № 2, с. 20–22.

Калабахина, И. Е. [2015]. *Выпускники экономических специальностей на рынке труда*. Москва: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация.

Кот, В. В. и Кузьмина, А. Г. [2018] Молодежный сегмент рынка труда: специфика, мониторинг, основные направления регулирования. *Вектор экономики*, № 5, с. 58–72.

Кубаткина, А. С. и Храмова, Д. А. [2019]. Состояние рынка труда молодежи и проблема безработицы среди молодежи в РФ. *Молодой ученый*, № 4 [242], с. 231–233.

Маковская, Н. В. [2020]. *Современные особенности функционирования рынка труда в Беларуси*. Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, Республика Беларусь.

Раковская, О. А. [2009]. *Социальные ориентиры молодежи: тенденции, проблемы, перспективы*. Москва: Наука, Российская Федерация.

Ресненко, А. Д. и Рыбакова, Л. В. [2013]. О проблеме заинтересованности молодежи в заработке в интернете и повышения ее грамотности в сфере интернет-бизнеса. *Вестник Амурского государственного университета*, № 63, с. 211–216.

Романькова, С. С. [2017]. Студенческая молодежь как особая социально-демографическая категория. *Наука, образование, культура*, № 6 [21], с. 100–103.

Ромашов, О. В. [2014]. *Социология труда*. Москва: Гардарики, Российская Федерация.

Руденко, Г. Г. и Савелов А.Р. [2010], «Специфика положения молодежи на рынке труда», [Online], URL: <https://smolsoc.ru/index.php/2010-09-05-18-01-04> (дата обращения: 05.02.2024).

Скударева, Н. З. [2017]. Проблема трудоустройства молодежи на рынке труда. *Вестник Московского финансово-юридического университета*, № 1, с. 294–301.

Соколова, Г. Н. [2015]. Состояние и использование человеческого капитала в Республике Беларусь. *Социологический альманах*, № 6, с. 412–427.

Сычева, В. О. [2015]. Трудоустройство выпускников вузов: проблемы и пути их решения. *Вестник Поволжской академии государственной службы им. П.А. Столыпина*, № 4 [55], с. 91–97.

Тугускина Г. Н., Рожкова Л. В. и Корж Н. В. [2021]. Молодежь на рынке труда в современных условиях: проблемы трудоустройства и занятости. *Известия ВУЗов. Поволжский регион. Общественные науки*, № 4 [60], с. 67–77.

Федорковский, А. Е. [2015]. Социальные проблемы молодежи в современном обществе. *Организация работы с молодежью*, № 6, с. 1–8.

Харитонов, Е. В. и Ясько, Б. А. [2009]. *Опросник «Профессиональная востребованность личности»: методическое руководство*. Краснодар: Кубань, Российская Федерация.

Шаповал, М. А. [2016]. Особенности рынка труда молодежи. *Молодой ученый*, № 28, с. 598–601.

Elder, S. [2009]. Module 1: Basic concepts, roles and implementation process. ILO school-to-work transition survey: A methodological guide International Labour Office. Geneva: ILO, [Online], URL: <https://www.ilo.org/employment/areas/WCMS140862/lang--en/index.htm> (accessed: 11.04.2024).

European Commission, Joint Research Centre [2019], «The Changing Nature of Work and Skills in the Digital Age», [Online], URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC117505/executive_new_way_of_work_online.pdf (accessed: 07.04.2024).

Mantz, Y. [2006]. *Employability: what it is and what it is not*. London: Higher Education Academy, United Kingdom.

Mitrofanova, E. and Mitrofanova, A. (2022). Youth in the labour market. *Management of the personnel and intellectual resources in Russia*, pp. 72–78, DOI: 10.12737/2305-7807-2022-10-6-72-78.

Vankevich, A., Kalinouskaya, I., Zaitseva, O. and Korabava, A. (2021). Equilibrium of Labor Market: New Security Instruments in the Context of Digitalization. *SHS Web of Conferences «3rd International Scientific Conference on New Industrialization and Digitalization (NID 2020)»*, vol. 93, pp. 1–7.

REFERENCES

Bobrova, A. G., Batova, N. N., Teterinets, T. A., Andilevko, T. V., Andros, I. A., Vankevich, A. V., Voronetskaya, L. G., Gorovoy, S. O., Davidovsky, S. V., Doroshkevich, I. P., Katser, A. M., Kot, U. V., Lebedevich, M. V., Murashko, O. Yu., Piletsky, K. V. and Samtsova, D. V. (2024). *Demograficheskoe, social'noe i ekologicheskoe razvitiye v Belarusi i mire* [Demographic, social and environmental development in Belarus and the world]. Minsk: National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Economics, Republic of Belarus [In Russian].

Bordachyova, N. V. (2005). Youth in the labour market: problems and solutions. [Molodezh' na rynke truda: problemy i puti resheniya]. *Vestnik Belaruskaga dzyarzhaynaga universiteta = Bulletin of the Belarusian State University*, no 3, pp. 83–87 [In Russian].

Bulanov, V. S. (2019). Methodological issues in labour market research [Metodologicheskie voprosy issledovaniya rynka truda]. *Obshchestvo i ekonomika = Society and economy*, no 2, pp. 132–138 [In Russian].

Vankevich, E. V. (2011). Youth labour market: features of formation and directions of regulation [Rynok truda molodezhi: osobennosti formirovaniya i napravleniya regulirovaniya]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Bulletin of the Belarusian State Economic University*, no 1, pp. 24–29 [In Russian].

Vankevich, E. V. (2022). Digital ecosystem of the labour market: essence and directions of formation in the Republic of Belarus [Cifrovaya ekosistema rynka truda: sushchnost' i napravleniya formirovaniya v Respublike Belarus']. *Ekonomicheskij rost Respubliki Belarus': globalizaciya, innovacionnost', ustojchivost' : materialy XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Minsk, 19-20 maya 2022 g. = Economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovationness, sustainability: materials of the XV International Scientific and Practical Conference, Minsk, May 19-20, 2022*, pp. 201–202 [In Russian].

Vankevich, E. V. (2023). Online measurement of the labour market of the Republic of Belarus [Onlajn-izmerenie rynka truda Respubliki Belarus']. *Ekonomicheskij rost Respubliki Belarus': globalizaciya, innovacionnost', ustojchivost' : materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Minsk, 19 maya 2023 g. = Economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovationness, sustainability: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference, Minsk, May 19, 2023*, pp. 79 [In Russian].

Vankevich, E. V. and Gorovoj, S. O. (2022). Formation of an ecosystem of competencies in the youth labour market [Formirovanie ekosistemy kompetencij na rynke truda molodezhi.]. *Materialy dokladov 55-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii prepodavatelej i studentov, g. Vitebsk, 27 aprelya 2022 g. = Materials of the 55th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, Vitebsk, April 27, 2022*, volume 2, pp. 393–396 [In Russian].

Vankevich, E. V. and Gorovoj, S. O. (2022). The tracer study of graduates as an additional tool for in-demand skills in the youth labour market analysis [Issledovanie trudoustrojstva vypusnikov kak dopolnitel'nyj instrument ocenki vostrebovannyh navykov na rynke truda]. *Belorusskij ekonomicheskij zhurnal = Belarusian Economic Journal*, no 2, pp. 91–106 [In Russian].

Vankevich, E. V. and Korobova, E. N. (2019). Empirical study of youth employment and unemployment in Belarus (regional aspect) [Empiricheskoe issledovanie zanyatosti i bezraboticy molodezhi v Belarusi (regional'nyj aspekt)]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, no 2(37), pp. 115–129 [In Russian].

Varshavskaya, E. YA. (2016). The success of the «study-work» transition: for whom the road is easier? [Uspeshnost' perekhoda «ucheba-rabota»: dlya kogo doroga legche?]. *Sociologicheskie issledovaniya = Sociological research*, no 2, pp. 39–46 (In Russian).

Genin, L. V., Vishnevskij, V. YU. and Korableva G. B. (2017). Personnel potential for working with youth [Kadrovij potencial raboty s molodezh'yu]. *Sociologicheskie issledovaniya = Sociological research*, no 10, pp. 87–93 (In Russian).

Gnevasheva, V. A. (2012). *Molodezh' Rossii: osobennosti professional'nogo stanovleniya* [Youth of Russia: features of professional development]. Moscow: Moscow State University, Russian Federation (In Russian).

Golomazova, E. S. and Morozevich, O. A. (2018). Development of an operational approach to the study of competencies in demand by the labour market [Razvitie operativnogo podhoda k issledovaniyu vostrebovannyh rynkom truda kompetencij]. *Nauchnye trudy Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta / Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Belorusskij gosudarstvennyj ekonomicheskij universitet = Scientific works of the Belarusian State Economic University / Ministry of Education of the Republic of Belarus, Belarusian State Economic University*, pp. 296–306 (In Russian).

Gorovoj, S. O. (2023). Features of the formation of demand for labour in the youth labor market in the digital economy [Osobennosti formirovaniya sprosa na trud na molodezhnom rynke truda v period stanovleniya cifrovoj ekonomiki]. *Sovremennye issledovaniya problem upravleniya kadrovymi resursami: sbornik nauchnyh statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (MIREA – Rossijskij tekhnologicheskij universitet), 28–30 marta 2023 g. = Modern research of resource management problems: a collection of scientific articles of the VIII International Scientific and Practical Conference (MIREA – Russian Technological University), part II, March 28–30, 2023, volume 2*, pp. 107–112 (In Russian).

Gorovoj, S. O. (2023). Features of the youth labour market in the labor relations system [Osobennosti rynka truda molodezhi v sisteme trudovyh otnoshenij]. *Molodye uchenye – razvitiyu Nacional'noj tekhnologicheskoy iniciativy (POISK–2023): sbornik materialov nacional'noj (s mezhdunarodnym uchastiem) molodyozhnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, g. Ivanovo, 24–27 aprelya 2023 g. = Young scientists – development of the National technology initiative (POISK-2023): materials from the national (with international participation) youth scientific and technical conference, Ivanovo, April 24–27, 2023*, pp. 881–883 (In Russian).

Dubovik, A. K. (2010). Youth labor market in the Republic of Belarus: problems of theory and practice [Rynok truda molodezhi v Respublike Belarus': problemy teorii i praktiki]. *Nauka i tekhnika = Science and technology*, no 5, pp. 67–72 (In Russian).

Dudina, M. M. and Glotova, E. E. (2015). Studying employers' requirements for university graduates: russian and foreign experience [Izuchenie trebovanij rabotodatelej k vypuschnikam vuzov: rossijskij i zarubezhnyj opyt]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Gumanitarnye issledovaniya = Bulletin of Omsk State Pedagogical University. Humanities studies*, no 1 (5), pp. 95–98 (In Russian).

Zajceva, O. V. (2023). *Razvitie nestandartnyh form zanyatosti v Respublike Belarus' v usloviyah cifrovizacii ekonomiki: monografiya* [Development of non-standard forms of employment in the Republic of Belarus in the context of digitalization of the economy: monograph]. Vitebsk: EE «VSTU», Republic of Belarus (In Russian).

Ilyasov, E. V. (2012). Youth in the labour market [Molodezh' na rynke truda]. *Novye znaniya = New knowledge*, no 2, pp. 20–22 (In Russian).

Kalabahina, I. E. (2015). *Vypusniki ekonomicheskikh special'nostej na rynke truda* [Graduates of economic specialties in the labour market]. Moscow: Faculty of Economics of Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Russian Federation (In Russian).

Kot, V. V. and Kuz'mina, A. G. (2018). Youth segment of the labour market: specifics, monitoring, main areas of regulation [Molodezhnyj segment rynka truda: specifika, monitoring, osnovnye napravleniya regulirovaniya]. *Vektor ekonomiki = Economy vector*, no 5, pp. 58–72 (In Russian).

Kubatkina, A. S. and Hramcova, D. A. (2019). The state of the youth labour market and the problem of youth unemployment in the Russian Federation [Sostoyanie rynka truda molodezhi i problema bezraboticy sredi molodezhi v RF]. *Molodoj uchenyj = Young scientist*, no 4, pp. 231–233 (In Russian).

Makovskaya, N. V. (2020). *Sovremennye osobennosti funkcionirovaniya rynka truda v Belarusi* [Modern features of the functioning of the labor market in Belarus]. Mogilev: Mogilev State University named after A. A. Kuleshov, Republic of Belarus (In Russian).

Rakovskaya, O. A. (2009). *Social'nye orientiry molodezhi: tendencii, problemy, perspektivy* [Social guidelines of youth: trends, problems, prospects]. Moscow: Science, Russian Federation (In Russian).

Resnenko, A. D. and Rybakova, L. V. (2013). About the problem of youth's interest in making money on the Internet and increasing their literacy in the field of Internet business [O probleme zainteresovannosti molodezhi v zarabotke v internete i povysheniya ee gramotnosti v sfere internet-biznesa]. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Amur State University*, no 63, pp. 211–216 (In Russian).

Roman'kova, S. S. (2017). Student youth as a special socio-demographic category [Studencheskaya molodezh' kak osobaya social'no-demograficheskaya kategoriya]. *Nauka, obrazovanie, kul'tura = Science, education, culture*, no 6, pp. 100–103 (In Russian).

Romashov, O. V. (2014). *Sociologiya truda* [Sociology of labor]. Moscow: Gardariki, Russian Federation (In Russian).

Rudenko, G. G. and Savelov, A. R. (2010). «*Specifics of the situation of young people in the labor market*» [Specifika polozheniya molodezhi na rynke truda], [Online], URL: <https://smolsoc.ru/index.php/2010-09-05-18-01-04> (accessed 5 February 2024) (In Russian).

Skudareva, N. Z. (2017). The problem of youth employment in the labour market [Problema trudoustrojstva molodezhi na rynke truda]. *Vestnik Moskovskogo finansovo-yuridicheskogo universiteta = Bulletin of Moscow Financial and Legal University*, no 1, pp. 294–301 (In Russian).

Sokolova, G. N. (2015). State and use of human capital in the Republic of Belarus. [Sostoyanie i ispol'zovanie chelovecheskogo kapitala v Respublike Belarus']. *Sociologicheskij al'manah = Sociological almanac*, no 6, pp. 412–427 (In Russian).

Sycheva, V. O. (2015). Employment of university graduates: problems and solutions [Trudoustrojstvo vypusknikov vuzov: problemy i puti ih resheniya]. *Vestnik Povolzhskoj akademii gosudarstvennoj sluzhby im. P.A. Stolypina = Bulletin of the Volga Region Academy of Public Administration named after P.A. Stolypin*, no 4 (55), pp. 91–97 (In Russian).

Tuguskina, G. N., Rozhkova, L. V. and Korzh, N. V. (2021). Youth in the labour market in modern conditions: problems of employment [Molodezh' na rynke truda v sovremennykh usloviyah: problemy trudoustrojstva i zanyatosti]. *Izvestiya VUZov. Povolzhskij region. Obshchestvennye nauki = News of universities. Volga region. Social Sciences*, no 4 (60), pp. 67–77 (In Russian).

Fedorkovskij, A. E. (2015). Social problems of youth in modern society [Social'nye problemy molodezhi v sovremennom obshchestve]. *Organizaciya raboty s molodezh'yu = Organization of work with youth*, no 6, pp. 1–8 (In Russian).

Haritonova, E. V. and YAs'ko, B. A. (2009). *Oprosnik «Professional'naya vostrebovannost' lichnosti»: metodicheskoe rukovodstvo* [Questionnaire «Professional Demand for Personality»: methodological guide]. Krasnodar: Kuban, Russian Federation (In Russian).

Shapoval, M. A. (2016). Features of the youth labour market [Osobennosti rynka truda molodezhi]. *Molodoj uchenyj = Young scientist*, no 28, pp. 598–601 (In Russian).

Yemelina, N., Rozhkova, K., Roshchin, S., Solntsev, S. and Travkin P. (2022). *Vypuskniki vysshego obrazovaniya na rossijskom rynke truda: trendy i vyzovy* [Graduates of higher education in the Russian labor market: trends and challenges]. Moscow: Publishing House of the National Research University Higher School of Economics, Russian Federation (In Russian).

Elder, S. (2009). Module 1: Basic concepts, roles and implementation process. ILO school-to-work transition survey: A methodological guide International Labour Office. Geneva: ILO, [Online], URL: <https://www.ilo.org/employment/areas/WCMS140862/lang--en/index.htm> (accessed: 11.04.2024).

European Commission, Joint Research Centre (2019), «The Changing Nature of Work and Skills in the Digital Age», [Online], URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC117505/executive_new_way_of_work_online.pdf (accessed: 07.04.2024).

Mantz, Y. (2006). *Employability: what it is and what it is not*. London: Higher Education Academy, United Kingdom.

Mitrofanova, E. and Mitrofanova, A. (2022). Youth in the labour market. *Management of the personnel and intellectual resources in Russia*, pp. 72–78, DOI: 10.12737/2305-7807-2022-10-6-72-78.

Vankevich, A., Kalinouskaya, I., Zaitseva, O. and Korabava, A. (2021). Equilibrium of Labor Market: New Security Instruments in the Context of Digitalization. *SHS Web of Conferences «3rd International Scientific Conference on New Industrialization and Digitalization (NID 2020)»*, vol. 93, pp. 1–7.

Информация об авторах

Information about the authors

Горовой Станислав Олегович

Ассистент кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: stanislavgorovoj@gmail.com

Stanislav O. Gorovoy

Assistant of the Department "Economics and E-business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: stanislavgorovoj@gmail.com

Структурно-динамическая оценка показателей цифровизации и цифровой трансформации организаций Республики Беларусь

Т. В. Касаева

Витебский государственный технологический университет,

Е. С. Конюшко

Республика Беларусь

Аннотация. Актуальность исследования процессов цифровизации и цифровой трансформации, происходящих в организациях, обусловлена тем фактом, что эти процессы сопровождаются не только расширением бизнеса и повышением его конкурентоспособности, но и развитием потенциала работников организации. В свою очередь, цифровая трансформация экономических субъектов сопровождается появлением новых профессий, изменяющимися компетенциями в образовании и другими преобразованиями всей социально-экономической системы.

Целью данного исследования является оценка динамики процессов цифровизации в организациях Республики Беларусь и Витебской области, и структуры цифровой трансформации промышленных организаций страны и обоснование направлений развития статистических наблюдений для формирования информационной базы управления данными процессами.

Решение задач, поставленных в исследовании, проводилось с помощью общенаучных методов: наблюдения, сравнительно-сопоставительного анализа, количественно-статистического анализа, дедукции и индукции.

В результате исследования сущности процессов цифровизации и цифровой трансформации сформулированы их отличительные черты и предложено разграничение показателей статистических наблюдений на показатели оценки уровня цифровизации и показатели оценки уровня цифровой трансформации организаций по целям использования сети Интернет и по используемым цифровым технологиям. Сделан вывод о необходимости расширения программы статистического наблюдения за процессами цифровой трансформации в организациях Республики Беларусь.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, информационно-коммуникационные технологии, цифровые технологии, оценка цифровизации, информационное обеспечение оценки цифровизации.

Информация о статье: поступила 13 июня 2024 года.

Статья подготовлена по материалам доклада 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, которая состоялась 18–19 апреля 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

Structural and dynamic assessment of indicators of digitalization and digital transformation of organizations of the Republic of Belarus

Tamara V. Kasayeva

Vitebsk State Technological University,

Yauheniya S. Koniushka

Republic of Belarus

Abstract. The relevance of studying the processes of digitalization and digital transformation occurring in organizations is due to the fact that these processes are accompanied not only by the expansion of business and an increase in its competitiveness, but also by the development of the potential of the organization's employees. The digital transformation of economic entities is accompanied by the creation of new professions, changing competencies in education and other transformations of the entire socio-economic system.

The aim of this study is to assess the dynamics of digitalization processes in organizations of the Republic of Belarus and the Vitebsk region, the structure of digital transformation of industrial organizations in the country and to substantiate the directions for the development of statistical observations to form an information base for managing these processes.

The solution to the research problems was carried out using general scientific methods: observation, comparative analysis,

quantitative and statistical analysis, deduction and induction.

As a result of the study of the essence of the processes of digitalization and digital transformation, their distinctive features were identified. A differentiation of statistical observation indicators into indicators for assessing the level of digitalization and indicators for assessing the level of digital transformation of organizations according to the purposes of using the Internet and the digital technologies used is proposed. A conclusion is made about the need to expand the program of statistical monitoring of digital transformation processes in organizations of the Republic of Belarus.

Article info: received June 13, 2024.

The article summarizes the research materials presented at the 57th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, held on April 18-19, 2024 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus)

Введение

Активное распространение информационных технологий вызвало становление новой экономики, которая ассоциируется с такими понятиями как инновационная экономика, цифровая экономика, сетевая экономика. В современной теории и практике новая экономика в большинстве случаев отождествляется именно с понятием цифровой экономики. Однако рассматривая инфраструктуру цифровой экономики, авторы не приходят к единому мнению: к термину «цифровая экономика» существует два подхода. Первый подход основан на рассмотрении цифровой экономики как экономики, основанной на цифровых технологиях, когда речь идет исключительно об области электронных товаров и услуг. Второй подход основан на более широком смысле этого слова и рассматривает цифровую экономику как экономическое производство с использованием цифровых технологий. Именно второй подход заложен в основу оценки процессов развития цифровой экономики в Республике Беларусь. В соответствии с Постановлением Министерства экономики Республики Беларусь, Национального статистического комитета Республики Беларусь, Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 27.12.2013 № 97/262/73 (в редакции постановления от 18.02.2019), область изменения национального уровня цифровой экономики составляют три собирательные группировки: сектор ИКТ, отрасль информационных технологий и сектор контента и средств массовой информации. Преобладающей по численности занятых, по вкладу в макроэкономические показатели развития страны является статистическая группировка «сектор ИКТ», которая формируется в соответствии с Международной стандартной отраслевой классификацией видов экономической деятельности и включает в себя виды экономической деятельности, которые согласно национальному общегосударствен-

ному классификатору ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» относятся к промышленным производствам (производство электронных элементов; производство электронных плат; производство компьютеров и периферийного оборудования; производство коммуникационного оборудования; производство электронной бытовой техники; производство магнитных и оптических носителей информации), к торговле (оптовая торговля компьютерами, периферийным компьютерным оборудованием и программным обеспечением; оптовая торговля электронным и коммуникационным оборудованием и их частями); к услугам в сфере ИКТ (ремонт компьютеров и периферийного оборудования; ремонт коммуникационного оборудования; издание компьютерных игр; издание прочего программного обеспечения; деятельность в области телекоммуникаций; информационные технологии и деятельность в области информационного обслуживания). Следовательно, спектр объектов оценки при анализе уровня развития цифровой экономики достаточно широк и разнообразен. Это означает, что развитие процессов цифровизации национальной экономики может иметь как отраслевые, так и региональные отличия.

Наличие региональных особенностей и непосредственное участие отдельных экономических субъектов в формировании цифровой экономики Республики Беларусь и определяет актуальность оценки уровня цифрового развития ее институциональных единиц – организаций, в том числе организаций отдельного региона. Особого внимания при этом заслуживают процессы цифровизации промышленных организаций, так как промышленность по праву считается основой экономики Республики Беларусь, формируя более четверти валового внутреннего продукта страны и преобладающую долю ее экспорта.

Необходимо отметить, что глубина и полнота исследований в области закономерностей развития экономики определяется качеством информационного обеспечения, которое формируется в процессе статистических наблюдений. Вместе с тем, при проведении оценки процессов цифровизации и цифровой трансформации как в региональном аспекте [Чистникова И. В., Антонова М. В. и Михайличенко М. Ю., 2022], так и отдельных социально-экономических явлений [Vankevich, A., 2022], исследователи организуют собственные наблюдения, основным видом которых является опрос респондентов.

Целью данного исследования является сравнительная оценка динамики процессов цифровизации в организациях Республики Беларусь и Витебской области и исследование структуры цифровой трансформации промышленных организаций страны по данным наблюдений Национального статистического комитета страны и обоснование направлений развития формируемой в официальной статистике информационной базы как основы управления данными процессами.

Реализация намеченной цели обусловила постановку и последующее решение ряда задач:

- исследование сущности категорий цифровизации и цифровой трансформации и обоснование авторского подхода к их определению;
- разграничение показателей статистических наблюдений, содержащихся в публикациях Национального статистического комитета Республики Беларусь, на показатели цифровизации и цифровой трансформации;
- определение трендов показателей, характеризующих процессы цифровизации организаций Республики Беларусь и Витебской области;
- оценка структуры процессов цифровой трансформации по видам экономической деятельности промышленности;
- определение направлений развития информационной базы для оценки уровня цифровизации и цифровой трансформации организаций.

Материалы и методы исследования

Предметом исследования явились процессы цифровизации и цифровой трансформации коммерческих организаций Республики Беларусь и показатели их характеризующие. Анализ динамики обозначенных процессов проводился во временном лаге 2011–2022 годы, что соответствует наличию информации в официальных статистических источниках. Для получения сравнительных оценок динамики показателей цифровизации орга-

низаций Республики Беларусь и Витебской области по данным публикаций Национального статистического комитета Республики Беларусь были применены относительные показатели – удельные веса организаций, использующих отдельные информационные технологии, в их общей численности, что позволило обеспечить сопоставимость показателей и полученных трендов, характеризующих их развитие как во времени, так и в пространстве.

Наиболее типичными показателями, характеризующими процессы цифровизации национальных экономических субъектов, являются:

- доля организаций, использующих интернет;
- доля организаций, использующих электронную почту;
- доля организаций, использующих локальные вычислительные сети;
- доля организаций, использующих веб-сайт.

Все эти показатели приведены в официальной статистике на протяжении анализируемого периода и позволяют дать количественную оценку происходящих процессов цифровизации.

На рисунках 1–4 приведены сравнительные характеристики динамики перечисленных показателей в организациях Республики Беларусь и в организациях Витебской области. Большинство показателей имеют достаточно высокие значения, а доля организаций, использующих интернет и электронную почту в 2022 году приближается к 100 %. Относительно отличительных особенностей цифровизации организаций Витебского региона от показателей в целом по стране можно отметить следующее: отставание региональных показателей по всем позициям на начальном этапе, которое сохранилось к 2022 году только по доле организаций, использующих веб-сайт. По всем остальным анализируемым показателям цифровизации организации Витебской области демонстрируют опережающие значения к 2022 году. Следовательно, процессы цифровизации организаций региона имеют большую скорость развития по сравнению со средними показателями по стране.

Все рассмотренные показатели характеризуют процессы цифровизации, по мнению авторов, исключительно с количественной стороны. Например, наличие веб-сайта у компании еще не означает его активное и эффективное использование в ведении бизнеса. Развитие электронного бизнеса привело к появлению в оценках цифровизации организаций таких понятий как:

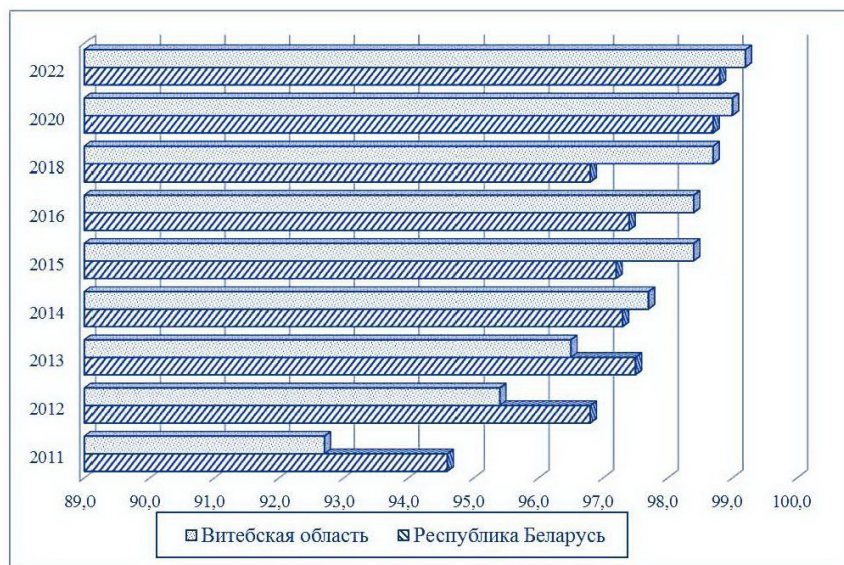


Рисунок 1 – Динамика удельного веса организаций, использующих интернет
(в процентах к общему числу обследованных организаций)

Figure 1 – Dynamics of the share of organizations using the Internet
(as a percentage of the total number of surveyed organizations)

Источник: составлено авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

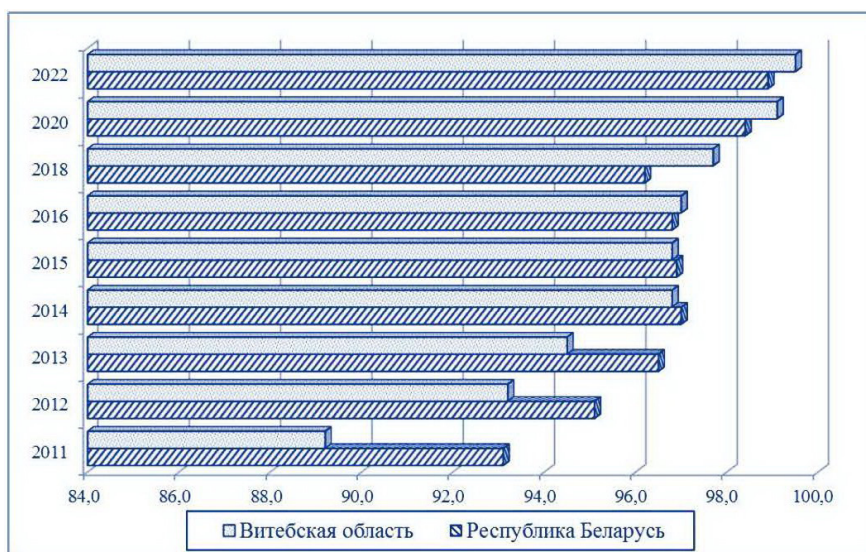


Рисунок 2 – Динамика удельного веса организаций, использующих электронную почту
(в процентах к общему числу обследованных организаций)

Figure 2 – Dynamics of the share of organizations using e-mail
(as a percentage of the total number of surveyed organizations)

Источник: составлено авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

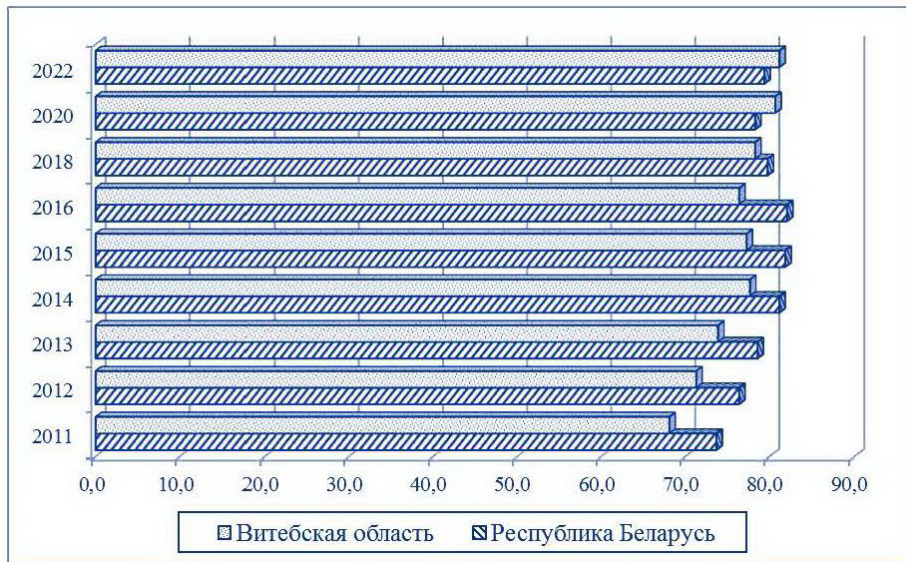


Рисунок 3 – Динамика удельного веса организаций, использующих локальные вычислительные сети (в процентах к общему числу обследованных организаций)

Figure 3 – Dynamics of the share of organizations using local area networks (as a percentage of the total number of surveyed organizations)

Источник: составлено авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

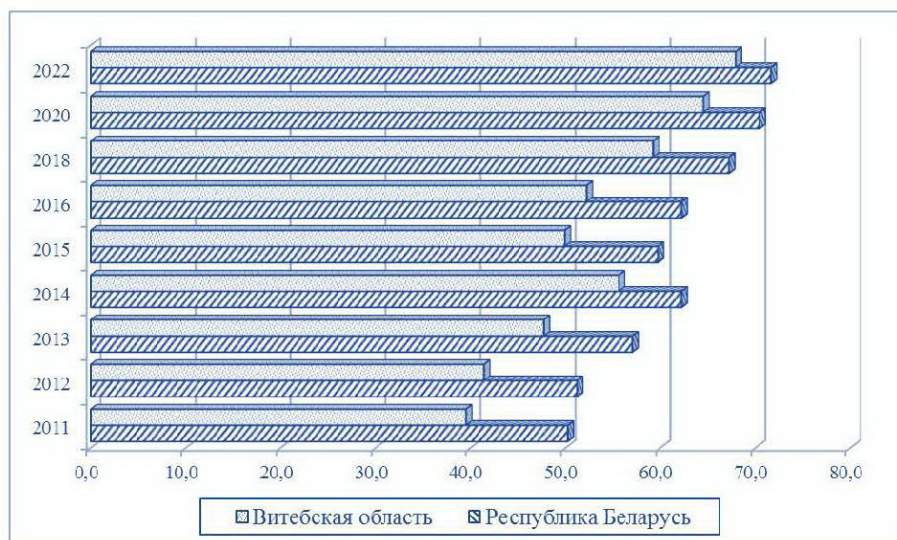


Рисунок 4 – Динамика удельного веса организаций, использующих веб-сайт (в процентах к общему числу обследованных организаций)

Figure 4 – Dynamics of the share of organizations using a website (as a percentage of the total number of surveyed organizations)

Источник: составлено авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

интранет (внутренняя сеть компании, построенная на технологиях интернета, но закрытая для внешних пользователей) и экстранет (часть расширения сети интранет, предоставленная для работы с внешними пользователями). Несомненно, что привлечение этих технологий в оценку процессов цифровизации дает возможность в определенной степени судить не только об их количественных характеристиках, но и в некоторой мере получать представление о глубине или качестве использования реальным бизнесом технологий интернета.

Необходимо отметить, что национальные субъекты хозяйствования демонстрируют гораздо более низкие показатели по использованию данных инструментов (рисунки 5–6). При этом показатели удельного веса организаций, использующих интранет, по абсолютным значениям превосходят долю организаций, использующих экстранет.

Полученные уравнения трендов позволяют сделать вывод о более высокой скорости внедрения интранета в организациях Витебской области по сравнению с Республикой Беларусь в целом. Их среднегодовые приросты составляют соответственно 2,6517 п. п. и 1,58 п. п.

Аналогичная картина наблюдается и в динамике доли организаций, использующих экстранет. Витебский регион на протяжении всего исследуемого периода имеет более низкие значения удельного веса организаций, использующих экстранет, однако темпы роста этого показателя по региону выше, чем в среднем по стране. На наш взгляд, в значительной степени этому способствует открытие соответствующих специальностей и подготовка специалистов в области ИКТ в высших и средних специальных учебных заведениях региона.

Эволюция цифровизации сопровождается появлением новых цифровых технологий: «большие данные», «интернет вещей», «искусственный интеллект», радиочастотная идентификация и «цифровой двойник». Они характеризуют новый этап развития цифровой экономики, который большинство исследователей определяют как цифровую трансформацию. В исследовании оценка процессов цифровой трансформации проводилась для промышленных организаций Республики Беларусь в разрезе видов экономической деятельности по секциям, формирующим промышленное производство. Необходимо отметить мнение некоторых исследователей

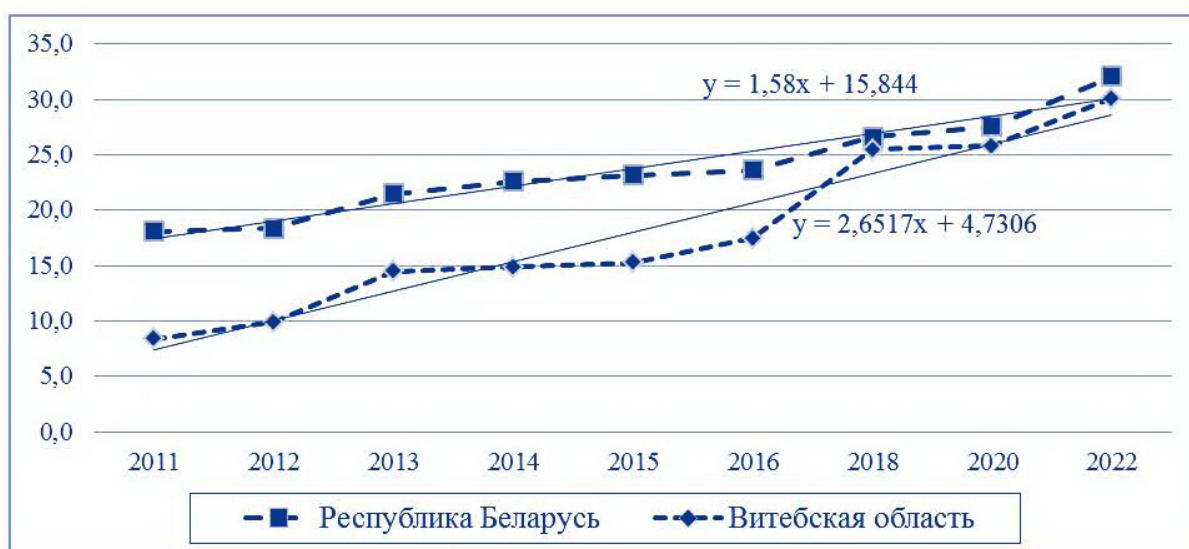


Рисунок 5 – Динамика удельного веса организаций, использующих интранет (в процентах к общему числу обследованных организаций)
Figure 5 – Dynamics of the share of organizations using Intranet (as a percentage of the total number of surveyed organizations)

Источник: составлено авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

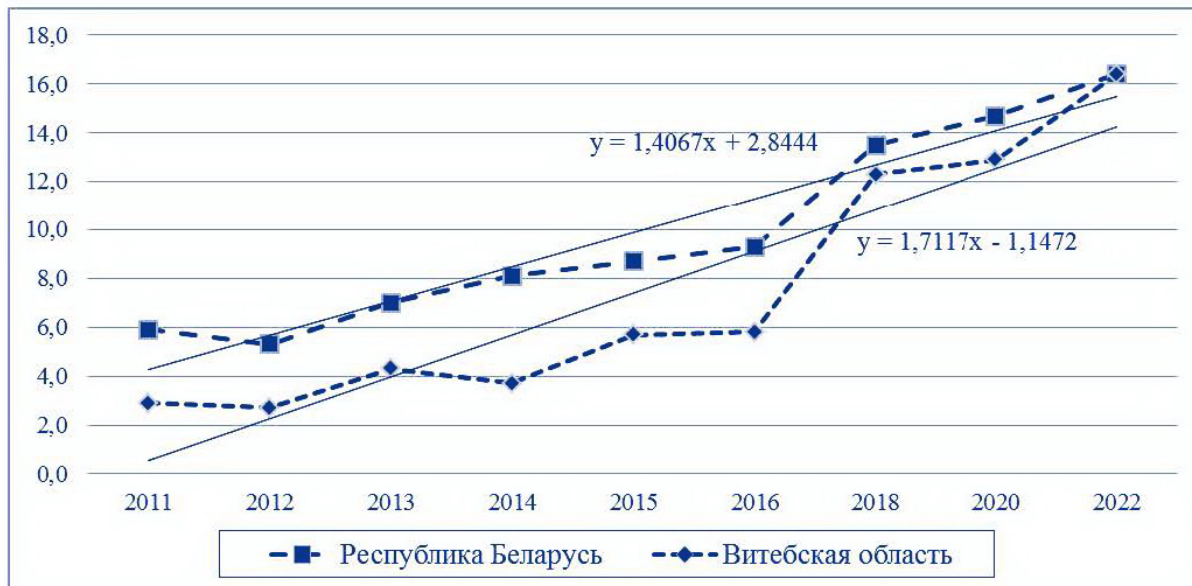


Рисунок 6 – Динамика удельного веса организаций, использующих экстранет (в процентах к общему числу обследованных организаций)
 Figure 6 – Dynamics of the share of organizations using Extranet (as a percentage of the total number of surveyed organizations)

Источник: составлено авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

(Вертакова, Ю. В., Положенцева, Ю. С. и Масленникова, В. В., 2021) относительно значимости промышленности в процессах цифровизации и цифровой трансформации, которые рассматривают цифровизацию как элемент трансформации промышленности и вводят понятие «промышленная трансформация». Авторы [Ванкевич, Е. В., 2022] акцентируют внимание на том, что именно трансформация промышленности вызывает преобразования в обществе и приводит к изменениям социально-экономической системы в целом (бизнесе, образовании, рынке труда и т. п.)

Принимая за 100 % общее число организаций промышленности, использующих определенные цифровые технологии, далее определялся удельный вес организаций каждой секции, использующих эти технологии. Полученные структурные характеристики приведены на рисунке 7.

Неравномерность распределения организаций по секциям промышленности коррелирует со структурой промышленных производств Республики Беларусь, число которых распределено по секциям следующим

образом (Примечание – Промышленность Республики Беларусь, 2023. Источник: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/a9e/avze1tb6fnffv6j3rye6w4rs0c0q700.pdf>):

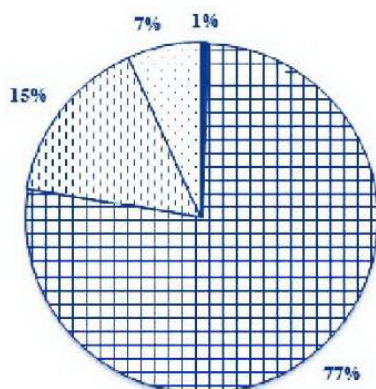
Секция В «Горнодобывающая промышленность» – 0,25 % от общего количества промышленных организаций;

Секция С «Обрабатывающая промышленность» – 95,96 %;

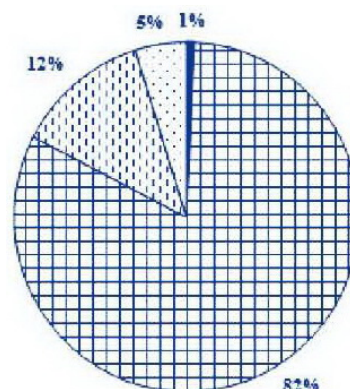
Секция D «Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом» – 1,65 %;

Секция E «Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов; деятельность по ликвидации загрязнений» – 2,14 %.

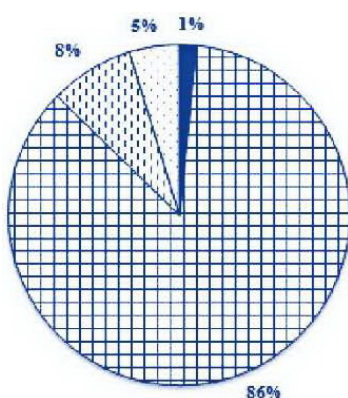
Следовательно, безусловными лидерами во внедрении современных цифровых технологий в промышленных производствах являются организации секции D: несмотря на то, что их количество составляет чуть более полутора процентов от общей численности промышленных организаций, они образуют 18 % промышленных



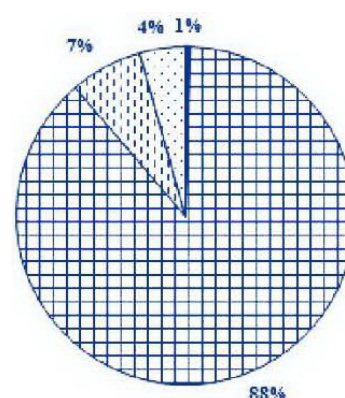
а - «интернет вещей»



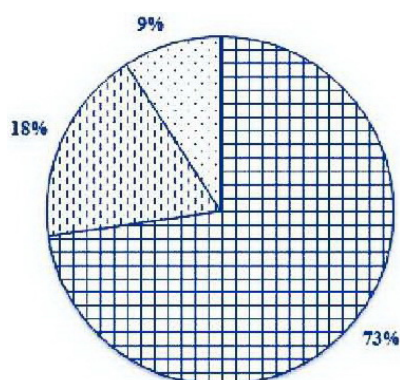
б - «большие данные»



в - «искусственный интеллект»



г - радиочастотная идентификация



д - «цифровой двойник»

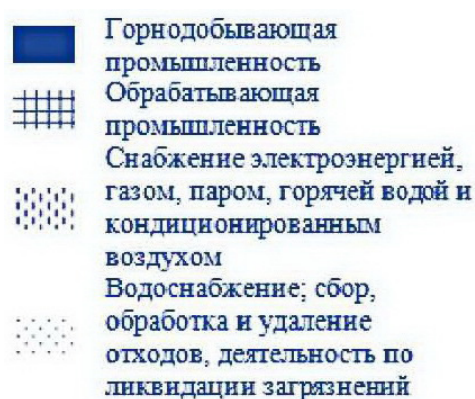


Рисунок 7 – Распределение промышленных организаций Республики Беларусь, использующих современные цифровые технологии, по видам экономической деятельности

Figure 7 – Distribution of industrial organizations of the Republic of Belarus using modern digital technologies by types of economic activity

Источник: составлено авторами по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

организаций, использующих «цифровой двойник»; 15 % промышленных организаций, использующих «интернет вещей»; 12 % промышленных организаций, использующих «большие данные» и соответственно 8 % и 7 % организаций, использующих «искусственный интеллект» и радиочастотную идентификацию. Можно предположить, что одним из факторов успеха является экономическое состояние субъектов данного вида деятельности. Одновременно наблюдается обратная картина по организациям обрабатывающей промышленности, которые по своему количеству составляют более 95 % всех промышленных организаций, но по вкладу в процессы внедрения современных цифровых технологий они имеют более низкие структурные показатели. Вместе с тем данные официальной статистики позволяют сделать вывод о том, что применение технологий «искусственный интеллект», «цифровой двойник» промышленными организациями пока находится на стадии становления, а к числу наиболее распространенных современных технологий в организациях промышленности могут быть отнесены «интернет вещей» и радиочастотная идентификация.

Результаты исследования

Современный тренд развития общества привел к тому, что цифровизация и цифровая трансформация становятся самыми обсуждаемыми темами в научных дискуссиях. При этом исследователи порой не проводят четкого различия между этими понятиями (Афанасьев, А. А., 2023; Вертакова, Ю. В., Положенцева, Ю. С. и Масленникова, В. В., 2021; и др), а иногда указывают на их принципиальные различия (например, Термелева, Е. А., 2022; Зайченко, И. М., Горшечникова, П. Д., Лёвина, А. И. и Дубгорн, А. С., 2020 и др). Исследование указанных категорий ведется как применительно к обществу в целом, так и для отдельных регионов, институциональных единиц, а также для определенных социально-экономических явлений.

Проведенный обзор научных публикаций, в которых рассматривается сущность категории «цифровизация» относительно отдельной организации или бизнеса, позволяет сформулировать следующие выводы:

- большинство авторов в качестве базовой категории при определении понятия цифровизации бизнеса использует категорию «процесс», подразумевая при этом процесс внедрения и использования инновационных или цифровых технологий в бизнес-процессы компании с целью их улучшения, повышения эффектив-

ности и т. д. (Герасимова, Т. А. и Москвитина, Н. В., 2019; Хомякова, С. С., 2019; Демура, Н. А., Путивцева, Н. П., 2021);

- ряд авторов в качестве ключевой дефиниции использует термин «преобразование» и в большинстве случаев речь идет о преобразовании информации в цифровую форму (Кузнецова, Т. Ф., 2019; Фомичёва, Т. В. и Китаева, В. И., 2019; Чернов, С. А. и Дайкер, А. О., 2015; Черкасова, В. А. и Слепушенко, Г. А., 2021);

- отдельные исследователи связывают понятие цифровизации с трендом развития компании, направленным на последовательное улучшение ее бизнес-процессов (Халин, В. Г. и Чернова, Г. В., 2018; Термелева, А. Е., 2022).

Если проанализировать мнения исследователей относительно сущности термина «цифровая трансформация» применительно к конкретному бизнесу (таблица 1), то можно сделать вывод о значительно большей глубине этого понятия по сравнению с цифровизацией, так как в большинстве случаев авторы связывают его с преобразованием, кардинальным изменением или глубокой реорганизацией бизнес-процессов экономического субъекта.

В исследовании подходов к пониманию цифровой трансформации бизнеса некоторые авторы (Шелепаева, А. Х., 2022) выделяют два подхода:

- первый называют технологическим и определяют его основу как набор цифровых технологий;

- второй рассматривается как организационно-функциональный и связывается с изменениями стратегий развития и функционирования бизнеса.

Исходя из приведенных в таблице 1 определений, такая точка зрения является достаточно дискуссионной.

Таким образом, по результатам исследования сущности категорий цифровизации и цифровой трансформации могут быть сделаны следующие выводы:

- во-первых, исследование категорий цифровой экономики должно быть «привязано» к ее этапному развитию: дигитализация (оцифровка данных и информации) – цифровизация (распространение и внедрение цифровых технологий в бизнес и общество) – цифровая трансформация (формат ведения бизнеса, направленный на перевод всех его элементов в цифровое пространство);

- во-вторых, цифровая трансформация является более высоким по сравнению с цифровизацией уровнем развития цифровой экономики, отличительные черты которого, по нашему мнению, могут быть представлены в виде следующей схемы (рисунок 8);

Таблица 1 – Определение сущности понятия «цифровая трансформация» отдельными авторами

Table 1 – Definition of the essence of the concept of "digital transformation" by different authors

Автор	Определение
(Ценжарик, М. К., Крылова, Ю. В., Стешенко, В. И., 2020)	«Цифровая трансформация (digital transformation) – переход к цифровому бизнесу, комплексное преобразование деятельности компании, ее бизнес-процессов, компетенций и бизнес-моделей, максимально полное использование возможностей цифровых технологий с целью повышения конкурентоспособности, создания и наращивания стоимости в цифровой экономике. Как правило, цифровая трансформация ведет к появлению новых рынков, новых потребителей, созданию новых бизнесов»
(Веретёхин, А. В., 2023)	«Цифровая трансформация компании – это перманентный процесс, требующий полного пересмотра политики компании и нацеленный на цифровые изменения существующих производственных процессов, бизнес-моделей, каналов информационно-коммуникативного взаимодействия, корпоративной культуры, а также предполагающий создание новых цифровых производств, взаимоотношений, продуктов и услуг для удовлетворения растущих потребностей потребителей и расширения пользовательской базы»
(Зайченко, И. М., Горшечникова, П. Д., Лёвина, А. И. и Дубгорн, А. С., 2020)	«Цифровая трансформация бизнеса – это переход от традиционной системы управления предприятием на инновационную, на основе внедрения релевантных информационно-коммуникационных технологий в деятельность предприятия, направленных на преобразование бизнеса и/или его трансформацию в цифровую форму для получения и/или удержания конкурентных преимуществ в современном обществе»
(Головенчик, Г. Г., 2022)	«Цифровая трансформация промышленности представляет собой внедрение цифровых технологий для замены устаревших или нецифровых производственных и управленческих бизнес-процессов и операций для повышения эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятия»
(Кочетков, Е. П., Забавина, А. А., Гафаров, М. Г., 2021)	«Базис цифровой трансформации компании – формирование совершенно новой бизнес-модели, соответствующей условиям цифрового мира, с собственной цифровой экосистемой»
(Афанасьев, А. А., 2023)	«Суть широко используемой категории цифровой трансформации видится как совокупность существенных сдвигов в элементах производительных сил в ходе цифровизации, имеющих своим результатом качественные изменения как в бизнес-процессах, так и способах осуществления экономической деятельности (т. е. в бизнес-моделях), приводящие к значительным социально-экономическим эффектам»
(Термелева, А. Е., 2022)	«Цифровая трансформация представляет собой комплексную трансформацию всей системы управления экономикой за счет преобразования стратегий развития, маркетинговой политики и целей, моделей, процессов и операций, а также продуктов и услуг, обеспечиваемых использованием цифровых технологий»
(Кулагин, В., Сухаревский, Ю. и Мефферт, М., 2019)	«Оптимизация существующей бизнес-модели и процессов для получения дополнительных источников выручки, либо замена бизнес-модели на более совершенную посредством передовых технологий ведения бизнеса – от ИТ до продвинутой аналитики, сенсорных датчиков, робототехники и 3D-печати»

– в-третьих, при определении сущности цифровой трансформации бизнеса ее технологический аспект или цифровые технологии должны рассматриваться в неразрывном единстве с форматом ведения бизнеса,

характеристиками бизнес-процессов, то есть с организационным аспектом.

В результате обобщения теоретических исследований сущности процессов цифровизации и цифровой



Рисунок 8 – Сравнение цифровизации и цифровой трансформации на этапном уровне
 Figure 8 – Comparison of digitalization and digital transformation at the stage level

Источник: составлено авторами.

трансформации авторы рассматривают их в следующих формулировках:

цифровизация – это формирование цифровой инфраструктуры, которая позволяет организовать процесс взаимодействия пользователей цифровых технологий;

цифровая трансформация – это стратегическая перестройка управления, организации и формата ведения бизнеса, направленная на перевод всех его элементов в цифровое пространство на основе цифровых технологий.

На наш взгляд, в предложенных формулировках цифровая трансформация в наибольшей степени отражает сущность цифровой экономики. Рассмотрение цифровизации как этапа, предшествующего цифровой трансформации, требует разграничения показателей, оценивающих их уровень. В исследовании предпринята попытка такой дифференциации применительно к показателям статистического сборника «Информационное общество в Республике Беларусь, 2023», касающихся использования организациями сети интернет (таблица 2).

Основанием для предложенного разграничения показателей послужили характеристики исследуемых процессов, представленные на рисунке 8.

Аналогичным образом, основываясь на предложенных формулировках сущности цифровизации и цифровой трансформации были дифференцированы показатели использования цифровых технологий (таблица 3); при этом к характеристикам процесса цифровизации отнесено использование организацией отдельных объектов ИКТ, а к процессу цифровой трансформации – использование организацией ряда новых цифровых технологий.

В характеристике процессов цифровизации большинство показателей имеют количественную оценку альтернатив: 1 – да, 2 – нет, то есть наличие либо отсутствие в организации использования тех или иных цифровых технологий. Аналогичным образом оцениваются цели их использования. Недостатки такой оценки на современном этапе развития цифровой экономики начинают проявляться в том, что данные официальной статистики характеризуют только количественные показатели применения цифровых технологий. Например, наличие веб-сайтов у организаций (рисунок 4) при сохранении сложившихся тенденций скоро приблизится к 100 %, однако электронные продажи с использованием специальных форм, размещенных на веб-сайте или в экстранете, в 2022 году применяли только 26,2 %

Таблица 2 – Разграничение показателей оценки уровня цифровизации и цифровой трансформации организаций по целям использования сети Интернет

Table 2 – Differentiation of indicators for assessing the level of digitalization and digital transformation of organizations according to the purposes of using the Internet

Показатели цифровизации	Показатели цифровой трансформации
<p>Общего характера:</p> <p>Поиск информации в сети интернет. Отправка и получение электронной почты. Подписка к доступу электронных баз данных, электронным библиотекам на платной основе. Получение или оказание информационных услуг. Получение доступа к другим финансовым услугам. Общение в социальных сетях</p>	<p>Общего характера:</p> <p>Поиск персонала. Профессиональная подготовка персонала. Использование телефонии по IP протоколу, проведение аудио- и видеоконференций. Диалог в режиме реального времени (чат) и размещение объявлений. Дистанционная работа</p>
<p>Для связи с поставщиками:</p> <p>Получение сведений о необходимых товарах (работах, услугах) и их поставщиках. Предоставление сведений о потребностях организации в товарах (работах, услугах)</p>	<p>Для связи с поставщиками:</p> <p>Размещение заказов на необходимые организации товары и их оплата. Получение электронной продукции</p>
<p>Для связи с потребителями:</p> <p>Предоставление сведений об организации, ее товарах. Получение заказов на выпускаемые организацией товары. Послепродажное обслуживание</p>	<p>Для связи с потребителями:</p> <p>Осуществление электронных расчетов с потребителями. Распространение электронной продукции</p>
<p>Для взаимодействия с государственными органами (организациями):</p> <p>Получение информации о деятельности государственных органов (организаций)</p>	<p>Для взаимодействия с государственными органами (организациями):</p> <p>Предоставление государственной статистической отчетности и других документов. Получение государственных услуг в электронном виде. Участие в электронных аукционах на государственную закупку товаров</p>

Источник: составлено авторами.

Таблица 3 – Разграничение показателей оценки уровня цифровизации и цифровой трансформации организаций по использованию информационных технологий

Table 3 – Differentiation of indicators for assessing the level of digitalization and digital transformation of organizations by the use of information technologies

Цифровизация	Цифровая трансформация
<p>Использование организацией следующих объектов ИКТ:</p> <p>Локальные вычислительные сети Электронная почта Облачные сервисы Интернет Инtranет Экстранет Веб-сайт</p>	<p>Использование организацией цифровых технологий:</p> <p>«Большие данные» «Интернет вещей» «Искусственный интеллект» Радиочастотная идентификация (RFID) «Цифровой двойник»</p>

Источник: составлено авторами.

обследованных организаций страны, а электронные закупки – 37,3 % (по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь). По организациям Витебской области эти показатели составили соответственно 25,1% и 40,8 %.

Анализ показателей, публикуемых в статистических сборниках «Информационное общество в Республике Беларусь», позволяет сделать вывод о том, что процессы цифровизации освещены в национальной официальной статистике намного шире, чем процессы цифровой трансформации.

Вместе с тем, цифровая трансформация, как более высокий уровень цифрового развития субъектов национальной экономики, требует не только обобщённой количественной оценки, но и детального изучения ее качественных характеристик, таких как:

- оценка дополнительных доходов, полученных организацией от использования цифровых технологий;
- оценка готовности персонала к использованию цифровых технологий;
- качественная оценка ИКТ-инфраструктуры организации и других.

Следовательно, управление процессами цифровизации и цифровой трансформации, происходящими в национальной экономике, требует совершенствования его информационного обеспечения.

В современных условиях активного развития двусторонних отношений Республики Беларусь и Российской Федерации не осталось без внимания и сотрудничество в интеллектуальной сфере: Советом Министров нашей страны уже одобрен проект Соглашения между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации о сотрудничестве в сфере интеллектуальной собственности (Постановление № 394 от 29 мая 2024 г.). В рамках укрепления сотрудничества с Российской Федерацией в области цифровизации обсуждаются вопросы производства телекоммуникационного оборудования, признания электронной цифровой подписи на территории двух стран, взаимодействия офисов цифровизации, обмена опытом при оказании государственных услуг и другие вопросы. В этих условиях особую актуальность приобретает унификация информационной базы, которая необходима не только для межстрановых сравнений, но и для управления процессами развития цифровой экономики.

В исследовании проведено сравнение форм статистической отчетности, разработанных Национальным

статистическим комитетом Республики Беларусь и Федеральной службой государственной статистики России (Росстат) для наблюдений за использованием цифровых технологий в организациях (таблица 4).

По результатам проведенного сравнения внутреннего содержания данных форм отчетности были сделаны следующие выводы:

- объем информации, получаемой в результате наблюдения по форме 3-ИНФОРМ, значительно превышает объем информации формы 6-икт, что обусловлено не только большим количеством таблиц, но и их показателями. Таблица 1 формы 6-икт содержит многие показатели, отражаемые в разделах 6–14 формы 3-ИНФОРМ, однако перечень показателей, характеризующих цифровые технологии значительно различается. Так, например, в форме 6-икт использование технологий искусственного интеллекта организацией характеризуется по 8 позициям, в то время как в форме 3-ИНФОРМ – по 19; технологий интернета вещей – соответственно по 4 и 8 позициям и т. д.;

– в наблюдениях по форме 3-ИНФОРМ по более широкому кругу показателей характеризуются затраты организации на внедрение и использование цифровых технологий, а также указываются источники их финансирования;

– в отличие от формы 3-ИНФОРМ, в которой отдельный раздел отводится освещению препятствий или барьеров для использования цифровых технологий в организации, государственная статистическая отчетность организаций Республики Беларусь такую информацию не включает. Однако, обобщение причин, сдерживающих использование цифровых технологий на уровне отрасли, региона, страны имеет особую актуальность и позволяет своевременно принимать решения по их преодолению и повышению уровня цифровой трансформации экономики страны и ее отдельных субъектов.

Выводы

Процессы цифровизации и цифровой трансформации исследуются на различных уровнях: национальная экономика в целом, ее секторы и специальные статистические группировки, регионы, виды экономической деятельности, организации, домашние хозяйства. Этот факт позволил выдвинуть предположение о наличии региональных и отраслевых различий в структуре и динамике указанных процессов.

По имеющимся в официальной статистике данным проведена сравнительная оценка динамики процессов

Таблица 4 – Сравнительный анализ содержания форм статистической отчетности об использовании цифровых технологий в Республике Беларусь и Российской Федерации

Table 4 – Comparative analysis of the content of statistical reporting forms on the use of digital technologies in the Republic of Belarus and the Russian Federation

Разделы/таблицы анкеты 6-икт «Об использовании цифровых технологий в организации»	Разделы формы 3-ИНФОРМ «Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг»
<p>I. Использование информационно-коммуникационных технологий и передовых производственных технологий.</p> <p>Таблица 1. Использование организацией оборудования и технологий, наличие веб-сайта, специальных программных средств.</p> <p>Таблица 2. Наличие в организации машин и оборудования, созданных на базе передовых производственных технологий.</p> <p>Таблица 3. Вид подключения к сети интернет.</p> <p>Таблица 4. Списочная численность работников.</p> <p>Таблица 5. Цели использования сети интернет.</p> <p>Таблица 6. Электронные продажи, закупки товаров (работ, услуг) в отчетном году.</p> <p>II. Таблица 7. Затраты на разработку, внедрение и использование цифровых технологий организацией для собственного потребления за отчетный год.</p> <p>III. Таблица 8. Сведения об отгрузке технических средств, программного обеспечения и оказании услуг в области информационно-коммуникационных технологий за отчетный год</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общая информация. 2. Наличие отдельной радиоэлектронной продукции гражданского назначения. 3. Скорость доступа к интернету. 4. Цели использования интернета. 5. Оценка качества полученных организацией государственных и(или) муниципальных услуг. 6. Функциональность веб-сайта. 7. Цели использования социальных сетей. 8. Источники и цели использования технологий сбора, обработки и анализа больших данных. 9. Аналитика больших данных. 10. Использование технологий искусственного интеллекта. 11. Цели использования «облачных» сервисов. 12. Условия использования «облачных» сервисов. 13. Цели использования технологий интернета вещей. 14. Цели использования технологий радиочастотной идентификации. 15. Электронные продажи, закупки товаров (работ, услуг). 16. Использование специальных программных средств. 17. Использование программ для ЭВМ и баз данных. 18. Использование услуг центров обработки данных. 19. Возможность хранения и обработки данных в организации. 20. Численность работников организации. 21. Использование средств защиты информации. 22-23. Затраты на внедрение и использование цифровых технологий. 24. Источники финансирования затрат на внедрение и использование цифровых технологий. 25. Отгружено товаров (услуг) сектора ИКТ 26. Препятствия (барьеры) для использования цифровых технологий. 27. Обособленные подразделения, информация по которым включена в отчет

Источник: составлено авторами.

цифровизации для организаций Республики Беларусь и организаций Витебской области, которая позволила сделать следующие выводы:

- в ретроспективе организации Витебской области характеризовались более низкими по сравнению со сложившимися по стране показателями цифровизации;
- построение уравнений трендов, характеризующих динамику показателей цифровизации, показало более высокие их темпы роста для организаций Витебской области, чем в среднем по стране, которые привели к опережающим значениям по ряду показателей.

Определяя цифровую трансформацию бизнеса как основу формирования цифровой экономики Республики Беларусь, с одной стороны, и признавая ключевую роль промышленности в развитии цифровой трансформации не только бизнеса, но и общества, предпринята попытка оценки показателей внедрения передовых цифровых технологий в промышленности. Ограниченность информации не позволила получить характеристики их динамики, но представилась возможность по данным 2022 года оценить структуру цифровой трансформации по видам экономической деятельности, формирующим национальную промышленность. Лидерами во внедрении цифровых технологий в промышленности Республики Беларусь являются организации секции D «Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом», а к числу наиболее распространенных современных технологий в организациях промышленности могут быть отнесены «интернет вещей» и радиочастотная идентификация.

В управлении процессами цифровизации и цифровой трансформации важную роль играет инфор-

мационное обеспечение, основу которого формируют государственные статистические наблюдения. Сложившаяся в Республике Беларусь система наблюдений за процессами цифровизации экономики, по мнению авторов, требует дальнейшего развития по следующим направлениям:

- изменение периодичности статистического наблюдения и придание форме 6-икт «Анкета об использовании цифровых технологий в организации» статуса формы 1-икт, предусматривающего ее ежегодное представление, в то время как сейчас она обрабатывается 1 раз в 2 года;

- расширение круга показателей, характеризующих процессы цифровой трансформации по аналогии с формой 3-ИНФОРМ «Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг» Росстата, что позволит одинаково измерять процессы цифровизации в рамках развивающегося сотрудничества стран в области цифровизации;

- введение в форму 6-икт «Анкета об использовании цифровых технологий в организации» дополнительной таблицы «Факторы, препятствующие внедрению и использованию цифровых технологий в организации». Перечень факторов может быть значительно расширен по сравнению с формой 3-ИНФОРМ, а для заполнения таблицы может применяться булева оценка, что позволит применить математические методы обработки информации. Ранжирование барьеров, препятствующих внедрению и использованию цифровых технологий в реальном секторе экономики, позволит определить направления действий по их преодолению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Афанасьев, А. А. (2023). Цифровизация в промышленности: варианты подходов к изучению и методология исследования. *Вопросы инновационной экономики*, Т 13, № 3, С. 1395–1414. doi: 10.18334/vinec.13.3.118927.

Ванкевич, Е. В. и Горовой, С. О. (2022). Исследование трудоустройства выпускников как дополнительный инструмент оценки востребованных навыков на рынке труда молодежи. *Белорусский экономический журнал*, № 2, С. 91–106.

Веретёхин, А. В. (2023). Цифровые трансформации компании: классификация подходов к определению и специфика управления. *E-management*, 2023, Т 6, № 2, С. 91–101.

Вертакова, Ю. В., Положенцева, Ю. С. и Масленникова, В. В. (2021). Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики: тренды и особенности реализации. *Экономика и управление*, 27(7), С. 491–503. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-7-491-503>.

Герасимова, Т. А. и Москвитина, Н. В. (2019). Содержание понятий «цифровая экономика» и «цифровизация в сфере государственного управления». *Иркутский государственный университет*, С. 310–315.

Головенчик, Г. Г. (2022). *Цифровая трансформация белорусской экономики в условиях цифровой глобализации*. Минск: ИВЦ Минфина, Республика Беларусь.

Демура, Н. А. и Путивцева, Н. П. (2021). Цифровизация: сущность и роль в развитии национальной экономики. *Научный результат. Сер. Экономические исследования*, Т. 7, № 1, С. 22–30. Doi: 10.18413/2409-1634-2021-7-1-0-3.

Зайченко, И. М., Горшечников, П. Д., Лёвина, А. И. и Дубгорн, А. С. (2020). Цифровая трансформация бизнеса: подходы и определение. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент*, № 2, С. 205–212. DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-2-205-212.

Зайченко, И. М., Козлов, А. В. и Шитова, Е. С. (2020). Драйверы цифровой трансформации бизнеса: понятие, виды, ключевые стейкхолдеры. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, Т. 13, № 5, С. 38–49. DOI: 10.18721/JE.13503.

Кочетков, Е. П., Забавина, А. А. и Гафаров, М. Г. (2021). ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КОМПАНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ: ЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(1), С. 68–81. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-1-68-81>.

Кузнецова, Т. Ф. (2019). Цифровизация как культурная ценность и цифровые технологии. *Горизонты гуманитарного знания*, № 5, С. 3–13. DOI: 10.17805/ggz.2019.5.1.

Кулагин, В., Сухаревский, Ю. и Мефферт, М. (2019). *Настольная книга по цифровизации бизнеса*. Москва: Альпина Паблишер, Российская Федерация.

Лопатова, Н. Г. (2021). Внедрение цифровых технологий в организациях Республики Беларусь: состояние и проблемы развития. *Цифровая трансформация*, [3], С. 5–10.

Термелева, А. Е. (2022). Цифровая трансформация на современном этапе и ее влияние на инновационную деятельность. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, Т. 13, № 3, С. 50–58. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-3-50-58>.

Фомичёва, Т. В. и Китаева, В. И. (2019). Ценности россиян в контексте цифровизации российской экономики. *Уровень жизни населения регионов России*, № 2, С. 80–84. DOI: 10.24411/1999-9836-2019-10067.

Халин, В. Г. и Чернова, Г. В. (2018). Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. *Управленческое консультирование*, № 10, С. 46–63. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63.

Хомякова, С. С. (2019). Трансформация и закрепление термина «цифровизация» на законодательном уровне. *Казань: Молодой ученый*, № 41, с. 9.

Ценжарик, М. К., Крылова, Ю. В. и Стешенко, В. И. (2020). Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, Т. 36, Вып. 3, С. 390–420. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2020.303>.

Черкасова, В. А. и Слепушенко, Г. А. (2021). Влияние цифровизации бизнеса на финансовые показатели российских компаний. *Финансы: теория и практика*, 25(2), С. 128–142. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-2-128-142.

Чернов, С. А. и Дайкер, А. О. (2015). Сетевая организация: закономерности, тенденции развития. *Известия вузов. Северо-кавказский регион. Общественные науки*, № 4, С. 114–118.

Шелепаева, А. Х. (2022). Цифровая трансформация: основные подходы к определению понятия. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования*, Т. 19, № 1, С. 20–28. <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-1-20-28>.

Vankevich, A., Jasiczka-Biliczak, A. and Aliakseyeva, A. (2022). Study of ICT skills in Belarus for the textile industry. *International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021)*. Vitebsk, 8–10 June 2021, VGTU, Vol. 2430, P. 060005-1–060005-5.

REFERENCES

Afanasev, A. A. (2023). Industrial digitalization: possible study approaches and research methodology [Tsifrovizatsiya v promyshlennosti: varianty podkhodov k izucheniyu i metodologiya issledovaniya]. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki = Issues of innovative economics*, 13, № 3, pp. 1395–1414. doi: 10.18334/vinec.13.3.118927 (in Russian).

Vankevich, A. and Gorovoy, S. (2022). The study of graduates employment as an additional tool for in-demand skills in the youth labor market analysis [Issledovanie trudoustrojstva vypusknikov kak dopolnitel'nyj instrument ocenki vostrebovannyh navykov na rynke truda molodezhi]. *Belorusskiy ekonomicheskiy zhurnal = Belarusian Economic Journal*, № 2, pp. 91–106. DOI: 10.46782/1818-4510-2022-2- 91-106 (In Russian).

Veretyokhin, A. V. (2023). Digital transformation of the company: classification of approaches to definition and specifics of management [Cifrovye transformacii kompanii: klassifikaciya podhodov k opredeleniyu i specifiika upravleniya]. *E-Management*, 6(2), pp. 91–101. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2023-6-2-91-10> (In Russian).

Vertakova, Yu. V., Polozhentseva, Yu. S. and Maslennikova, V. V. (2021). Industrial Transformation in the Context of the Digitalization of the Economy: Implementation Features and Trends [Transformaciya promyshlennosti v usloviyah cifrovizacii ekonomiki: trendy i osobennosti realizacii]. *Economics and Management*, 27(7), pp. 491–503. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-7-491-503> (In Russian).

Gerasimova, T. A. and Moskvitina, N. V. (2019). The content of the concepts of "digital economy" and "digitalization in the field of public administration [Soderzhanie ponyatii «tsifrovaya ekonomika» i «tsifrovizatsiya v sfere gosudarstvennogo upravleniya]. *Irkutskii gosudarstvennii universitet = Irkutsk State University*, pp. 310–315 (In Russian).

Golovenchik, G. G. (2022). *The digital transformation of the Belarusian economy in the context of digital globalization* [Tsifrovaya transformatsiya belorusskoi ekonomiki v usloviyakh tsifrovoi globalizatsii]. Minsk: IVC of the Ministry of Finance, Republic of Belarus (In Russian).

Demura, N. A. and Putivtsev, N. P. (2021). Digitalization: the nature and role in the development of the economy of the country and the region [Cifrovizaciya: sushchnost' i rol' v razvitii nacional'noj ekonomiki]. *Research Result. Economic Research*, 7(1), pp. 22–31, DOI: 10.18413/2409-1634-2021-7-1-0-3 (In Russian).

Zaichenko, I. M., Gorshechnikova, P. D., Levina, A. I. and Dubgorn, A. S. (2020). Digital business transformation: approaches and definition. [Tsifrovaya transformatsiya biznesa: podkhodi i opredelenie]. *Nauchnii zhurnal NIU ITMO. Seriya Ekonomika i ekologicheskii menedzhment = Scientific journal of the ITMO Research Institute. Economics and Environmental Management Series*, № 2, pp. 205–212. DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-2-205-212 (In Russian).

Zaychenko, I. M., Kozlov, A. V. and Shytova, Y. S. (2020). Drivers of digital transformation of a business: Meaning, classification, key stakeholders [Drajvery cifrovoj transformacii biznesa: ponyatie, vidy, klyucheveye stejkkholdery]. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 13 (5), pp. 38–49. DOI: 10.18721/JE.13503 (In Russian).

Kochetkov, E. P., Zabavina, A. A. and Gafarov, M. G. (2021). VDIGITAL TRANSFORMATION OF COMPANIES AS A TOOL OF CRISIS MANAGEMENT: AN EMPIRICAL RESEARCH OF THE IMPACT ON EFFICIENCY [CIFROVAYA TRANSFORMACIYA KOMPANIJ KAK INSTRUMENT ANTIKRIZISNOGO UPRAVLENIYA: EMPIRICHESKAYA OCENKA VLIYANIYA NA EFTEKTIVNOST']. *Strategic decisions and risk management*, 12(1), pp. 68–81. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-1-68-81> (in Russian).

Kuznetsova, T. F. (2019). Digitalization as a cultural value and digital technologies [Tsifrovizatsiya kak kulturnaya tsennost' i tsifrovie tekhnologii]. *Gorizonti gumanitarnogo znaniya = Horizons of humanitarian knowledge*, № 5, pp. 3–13. DOI: 10.17805/ggz.2019.5.1 (In Russian).

Kulagin, V., Sukharevsky, Y. and Meffert, M. (2019). *A desktop book on business digitalization* [Nastolnaya kniga po tsifrovizatsii biznesa]. Moscow: Alpina Publisher, Russian Federation (In Russian).

Lopatova, N. G. (2021). Introduction of Digital Technologies in Organizations of the Republic of Belarus: State and Problems of Development [Vnedrenie cifrovyyh tekhnologij v organizatsiyah Respubliki Belarus': sostoyanie i problemy razvitiya]. *Digital Transformation*, (3), pp. 5–10 (In Russian).

Termeleva, A. E. Digital transformation at the present stage and its impact on innovation [Cifrovaya transformaciya na sovremennom etape i ee vliyaniye na innovacionnuyu deyatel'nost']. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i*

upravlenie = *Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2022, vol. 13, № 3, pp. 50–58. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-3-50-58> [In Russian].

Fomicheva, T. V. and Kitaeva, V. I. (2019). The values of Russians in the context of the digitalization of the Russian economy [Tsennosti rossiyan v kontekste tsifrovizatsii rossiiskoi ekonomiki]. *Uroven zhizni naseleniya regionov Rossii = The standard of living of the population of the regions of Russia*, № 2, pp. 80–84. DOI: 10.24411/1999-9836-2019-10067 [In Russian].

Khalin, V. G. and Chernova, G. V. (2018). Digitalization and its impact on the Russian economy and society: advantages, challenges, threats and risks [Tsifrovizatsiya i yee vliyanie na rossiiskuyu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vizovi, ugrozi i riski]. *Upravlencheskoe konsultirovanie = Management consulting*, № 10, pp. 46–63. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63 [In Russian].

Khomyakova, S. S. (2019). Transformation and consolidation of the term "digitalization" at the legislative level. [Transformatsiya i zakreplenie termina «tsifrovizatsiya» na zakonodatel'nom urovne]. *Kazan: Molodoi uchenii = Kazan: Young Scientist*, № 41, p. 9. [In Russian].

Tsenzharik, M. K., Krylova, Yu. V. and Steshenko, V. I. (2020). Digital transformation in companies: Strategic analysis, drivers and models [Cifrovaya transformatsiya kompanij: strategicheskij analiz, faktory vliyaniya i modeli]. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, vol. 36, iss. 3, pp. 390–420. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2020.303> [In Russian].

Cherkasova, V. A. and Slepushenko, G. A. (2021). The Impact of digitalization on the financial performance of Russian companies [Vliyanie cifrovizatsii biznesa na finansovye pokazateli rossijskikh kompanij]. *Finance: Theory and Practice*, 25(2), pp. 128–142. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-2-128-142 [In Russian].

Chernov, S. A. and Dyker, A. O. (2015). Network organization: patterns, development trends [Setevaya organizatsiya: zakonomernosti, tendentsii razvitiya]. *Izvestiya vuzov. Severo-kavkazskii region. Obshchestvennye nauki = News of universities. The North Caucasus region. Social Sciences*, № 4, pp. 114–118. [In Russian].

Shelepaeva, A. Kh. (2022). Digital transformation: basic approaches to defining the notion [Cifrovaya transformatsiya: osnovnye podhody k opredeleniyu ponyatiya]. *RUDN Journal of Informatization in Education*, 19(1), pp. 20–28. <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-1-20-28> [In Russian].

Vankevich, A., Jasicska-Biliczak, A. and Aliakseyeva, A. (2022). Study of ICT skills in Belarus for the textile industry. *International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021)*. Vitebsk, 8–10 June 2021, VGTU, Vol. 2430, P. 060005-1–060005-5.

Информация об авторах

Information about the authors

Касаева Тамара Васильевна

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: KasaevaTV@mail.ru

Конюшко Евгения Сергеевна

Студент, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: zhenya.konushcko@gmail.com

Tamara V. Kasayeva

Candidate of Science [in Engineering], Chair of the Department "Economics and Electronic Business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: KasaevaTV@mail.ru

Yauheniya S. Koniushka

Student, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: zhenya.konushcko@gmail.com

Цифровая платформа для управления цепями поставок в неокластерах

Н. О. Салтрукович *Витебский государственный технологический университет,*
Е. А. Алексеева *Республика Беларусь*

Аннотация. Статья посвящена использованию цифровых интегрированных платформ для управления цепочками поставок в неокластерах. В статье исследована эволюция кластерной концепции в экономической литературе и сформулированы отличительные особенности неокластера (межотраслевое сотрудничество, активное использование новейших технологий и исследований для развития бизнеса, применение элементов искусственного интеллекта, больших данных, автоматизации и смарт-систем; реализация концепции устойчивого развития в бизнесе) как усовершенствованной формы бизнес-кластера, который может формироваться в новых отраслях или трансформироваться из классического кластера в результате цифровизации. Установлено, что совместное управление цепями поставок, реализуемое через цифровые интеграционные платформы, является важным условием формирования и развития неокластеров, оптимизации процессов, улучшения взаимодействия между участниками и повышения конкурентоспособности в неокластерах. Цифровые платформы и неокластеры стали мощными двигателями современной логистики и управления цепями поставок, играя ключевую роль в создании инновационных экосистем, стимулирующих рост и развитие отраслей и регионов. Разработаны механизмы координации и управления цепями поставок, такие как формирование кластерного ядра и фильтрация участников кластера. Определены критерии выбора ядра и участников неокластера. Изучен зарубежный опыт реализации цифровых платформ для управления цепями поставок, примеры их успешного применения в неокластерах в сфере здравоохранения, образования, зеленого градостроительства. Предложен подход для реализации платформенного решения для управления цепями поставок в неокластерах Республики Беларусь с использованием отечественных разработок, таких как белорусские ИТ-решения, технологии и сервисы, который будет способствовать поддержке развития национальной технологической базы и обеспечению технологического суверенитета Республики Беларусь, обеспечивать безопасность и защиту данных, соблюдать требования кибербезопасности и сохранять конфиденциальность информации с использованием сертифицированных средств защиты. Сформулированы задачи по реализации платформенного решения для управления цепями поставок в неокластерах.

Ключевые слова: неокластер, управления цепями поставок, цифровизация, интегрированная цифровая платформа.

Информация о статье: поступила 14 июня 2024 года.

Статья подготовлена по материалам доклада 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, которая состоялась 18–19 апреля 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

Digital platform for supply chain management in neoclusters

Natalia O. Saltrukovich *Vitebsk State Technological University,*
Alena A. Aliakseyeva *Republic of Belarus*

Abstract. The article describes the use of digital integrated platforms for supply chain management in neoclusters. The article examines the evolution of the cluster concept in economic literature and identifies the distinctive features of a neocluster (inter-industry cooperation, active use of the latest technologies and research for business development, use of elements of artificial intelligence, big data, automation and smart systems; implementation of the concept of sustainable development in business) as an improved form of a business cluster that can be formed in new industries or transformed from a classical cluster as a result of digitalization. It has been established that joint supply chain management through digital integration platforms is an important condition for the formation and development of neoclusters, process

optimization, improving interaction between participants and increasing competitiveness in neoclusters. Digital platforms and neoclusters have become powerful engines of modern logistics and supply chain management and play a key role in creating innovative ecosystems that stimulate the growth and development of industries and regions. Mechanisms for coordination and management of supply chains have been developed, such as the formation of a cluster core and filtering cluster participants. The criteria for selecting the core and participants of the neocluster have been determined. Foreign experience in the implementation of digital platforms for supply chain management, examples of their successful application in neoclusters in the fields of healthcare, education, and green urban planning have been studied. An approach is proposed for creating a platform for supply chain management in neoclusters of the Republic of Belarus using domestic developments: Belarusian IT solutions, technologies and services that will contribute to the development of the national technological base and ensure the technological sovereignty of the Republic of Belarus, ensure security and data protection, maintain the confidentiality of information using certified security measures. The tasks for implementing a platform solution for supply chain management in neoclusters are formulated.

Keywords: neocluster, supply chain management, digitization, integrated digital platform.

Article info: received June 14, 2024.

The article summarizes the research materials presented at the 57th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, held on April 18–19, 2024 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

Введение

Кластеризация как ответ на вызовы и неопределенность внешней среды стала актуальной формой объединения организаций в поисках возможностей повышения конкурентоспособности за счет интеграции. Кластерная цепь поставок представляет собой сеть взаимосвязанных организаций, процессов, ресурсов и информации, которые сотрудничают для перемещения товаров или услуг от поставщиков до конечных потребителей, находящихся в определенном кластере или регионе. Кластер может включать поставщиков сырья, компонентов, производителей и дистрибьюторов, государственные учреждения, посредников, научно-исследовательские и финансовые организации, которые взаимодействуют и сотрудничают в рамках цепочки поставок для достижения общих целей и повышения конкурентоспособности кластера в целом.

Кластерные цепи поставок предоставляют компаниям возможность объединиться для совместных закупок материалов и услуг в большом объеме, это обеспечивает снижение закупочных цен, издержек доставки и логистики, а также совместного использования ресурсов. В рамках кластерных цепей поставок компании могут сотрудничать друг с другом для оптимизации производственных процессов, совместного использования оборудования и ресурсов, а также обмена опытом и передачи лучших практик. Это позволяет повысить эффективность и производительность процессов, а также улучшить общую результативность [Слонимская и

Веретенникова, 2022].

Кроме того, кластерные цепи поставок способствуют более тесному сотрудничеству и обмену информацией между участниками цепи, обмену знаниями, опытом и инновациями. В результате качество товаров и услуг улучшается, что приводит к повышению удовлетворенности клиентов. Компании, входящие в состав кластера, могут совместно разрабатывать новые продукты, технологии и процессы, исследовать и развивать новые рынки, что способствует инновационному развитию кластера и укреплению его конкурентной позиции [Бабуева, Оборина и Ковалева, 2016].

Неокластеры представляют собой сетевые структуры, объединяющие локализованные в регионе субъекты, взаимодействующие между собой в цепи ценностей, которые базируются на трансформации обычных кластеров, интегрируя современные технологии и стратегии. Важным условием формирования и развития цепей поставок в неокластерах являются цифровые интеграционные платформы и системы управления цепями поставок (Гелисханов, Юдина и Бабкин, 2018; Мясникова, 2020). На данный момент в Республике Беларусь отсутствует специальная собственная платформа для управления кластерными цепями поставок. Однако, существуют различные инструменты и ресурсы, которые могут быть использованы для управления и координации кластерами в контексте цепей поставок.

Целью исследования является выявление особенностей выбора и применения цифровых платформ для ин-

теграции управления цепями поставок в неоклстерах для обеспечения их устойчивого функционирования и роста конкурентоспособности субъектов, входящих в неокластер.

Методы и средства исследований

Исследование эволюции неокластерной концепции проведено на основе анализа литературных источников, их систематизации и сравнительного анализа с концепцией классических кластеров в экономике. Общественные методы познания экономических явлений и процессов (анализ и синтез, системный подход, диалектический метод и т. д.) применяются при разработке критериев отбора организаций для участия в неоклстерах и формирования кластерного ядра, а также при разработке этапов реализации платформенного решения для управления цепями поставок в неоклстерах Республики Беларусь.

Результаты исследований

В экономической литературе понятие неокластера является результатом эволюции кластерного подхода, на него в своих исследованиях указывают авторы S. Engel, I. del-Palacio, M. Muro, B. Katz, M. Porter, M. Delgado, S. Stern, L. Gudelytė, E. В. Базуева, Е. Д. Оборина, Т. Ю. Ковалева, А. Б. Петрухин, Ю. А. Дмитриев, Т. А. Лачина, А. И. Абдряшитова, М. С. Чистяков, Г. А. Яшева, Ю. Г. Вайлунова, Д. Л. Напольских и др.

Специалисты ОЭСР отмечают, что большая часть рыночных или неформальных потоков знаний происходит внутри промышленных кластеров, которые можно рассматривать как инновационные системы уменьшенной формы, влияющие на потенциал роста стран через создание, распространение и использование знаний (OECD, 2001).

В своих работах авторы (Engel & del-Palacio, 2009) исследовали кластеры инноваций (Clusters of Innovation (COI)) и определили их как среду, которая благоприятствует созданию и развитию предпринимательских предприятий с высоким потенциалом, характеризующихся повышенной мобильностью ресурсов (в основном людей, капитала и информации, включая интеллектуальную собственность); увеличением скорости развития бизнеса; культурой мобильности, которая ведет к склонности к сотрудничеству, развитию прочных отношений и формированию сетей кластеров инноваций.

Как отмечают исследователи (Muro & Katz, 2010), при реализации стратегий экономического развития,

основанных на кластерах, политические лидеры не должны пытаться создавать кластеры. Вместо этого следует использовать данные для целенаправленного вмешательства, разработки дизайна и отслеживания эффективности; сосредоточить инициативы на устранении отдельных недостатков в производительности или сдерживающих ограничениях для роста кластеров; максимизировать воздействие за счет использования уже существующих программ, связанных с кластером; согласовывать усилия как по вертикали, так и по горизонтали; позволить частному сектору лидировать.

Е. В. Базуева, Е. Д. Оборина, Т. Ю. Ковалева используют термины «инновационный территориальный кластер» и «высокоэффективный кластер» и рассматривают такие кластеры как инструмент достижения устойчивого экономического роста региональной экономики (Базуева, Оборина и Ковалева, 2016).

А. Б. Петрухин, Ю. А. Дмитриев, Т. А. Лачина, А. И. Абдряшитова, М. С. Чистяков используют понятие «инновационный кластер» с акцентом на более быстрое и эффективное по сравнению с традиционной кластерной моделью распределение новых знаний, научных открытий и изобретений (Петрухин и др., 2018).

Авторы M. Porter, M. Delgado, S. Stern в своих исследованиях установили положительное влияние сильных кластеров на предпринимательскую активность и стартап-движение в регионах их базирования, а также на устойчивость занятости в промышленности к экономическим спадам, особенно для отраслей цепочек поставок в сегменте B2B (Porter, Delgado & Stern, 2010; Delgado & Porter, 2021).

L. Gudelytė использует понятие инновационного кластера в ходе оценки системного риска инновационной деятельности, реализуемой инновационными кластерами, с учетом влияния взаимосвязей между субъектами кластера и других внешних факторов (Gudelytė, 2021).

По мнению Г. А. Яшевой, Ю. Г. Вайлуновой, характерной чертой при формировании новых неокластеров или трансформации существующих кластеров в неокластеры является взаимодействие в рамках сетевой структуры локализованных в регионе субъектов между собой на базе ИКТ и/или базирующих свои бизнес-процессы на элементах «Индустрии 4.0» и «Общества 5.0». (Вайлунова и Яшева, 2021; Яшева и Вайлунова, 2023).

Д. Л. Напольских рассматривает инновационные гиперкластеры как формы неокластеризации производства и конвергенции экономического пространства,

связывая это явление с инновационной трансформацией экономики, представляющей собой переход промышленности преимущественно к пятому и шестому технологическим укладам. Автор подчеркивает нацеленность инновационных кластеров «...на создание новых производств («неоиндустриализация»), технологическое обновление существующих отраслевых комплексов («модернизация») и выпуск конкурентоспособной продукции («импортозамещение»)» (Напольских, 2021).

Изучение неокластерной концепции позволило выявить процессы, которые являются общими для классических кластеров и неокластеров:

- активное сотрудничество участников, при котором компании обмениваются знаниями, передовыми разработками и опытом, что способствует инновациям и повышению конкурентоспособности;
- итеративная модернизация, когда организации постоянно совершенствуют свои производственные процессы, внедряя новые технологии и методы;
- интеграция производственных процессов для снижения издержек и повышения эффективности;
- оптимизация операционной деятельности с помощью сетевых методов управления;
- диверсификация работы с поставщиками;
- аутсорсинг определенных функций для концентрации на основных компетенциях;
- управление цепочками создания стоимости и поставок в кластерах.

В то же время, анализ литературных источников по вопросам эволюции кластерной концепции позволил выявить основные отличительные характеристики неокластеров:

1. Стратегическая ориентация на инновации – неокластеры фокусируются на активном внедрении инноваций в продукты, технологии и бизнес-модели, создавая благоприятную среду для разработки и коммерциализации новых решений.
2. Межотраслевой характер сотрудничества – компании из разных отраслей работают вместе для создания новых продуктов и услуг, освоения новых рыночных ниш и удовлетворения новых потребностей.
3. Применение киберфизических систем – интеграция физических и цифровых компонентов позволяет достичь более высокого уровня автоматизации, мониторинга и управления производственными процессами в режиме реального времени.
4. Использование искусственного интеллекта – вне-

дрение ИИ-технологий помогает компаниям автоматизировать рутинные операции, проводить углубленную аналитику данных и принимать более обоснованные управленческие решения.

5. Интеграция вычислительных ресурсов – применение облачных вычислений и распределенных ИТ-ресурсов способствует оптимизации ИТ-инфраструктуры и гибкости производственных процессов.

6. Роботизация и информатизация производства – внедрение автоматизированных систем и технологий «Индустрии 4.0» повышают производительность, точность и безопасность производственных операций.

7. Использование ERP и CRM систем – комплексные информационные системы управления ресурсами предприятия и взаимоотношения с клиентами обеспечивают оптимизацию внутренних процессов и улучшение качества обслуживания заказчиков.

8. Применение BPM для управления бизнес-процессами – системы управления бизнес-процессами позволяют компаниям более эффективно организовывать, анализировать и совершенствовать ключевые бизнес-процессы.

9. Цифровые коммуникации, совместные исследования и разработки – неокластеры активно развивают цифровые коммуникационные каналы, что позволяет участникам более эффективно обмениваться знаниями, идеями и совместно работать над разработкой новых продуктов и технологий.

10. Совместные инвестиции – неокластеры создают механизмы для совместных инвестиций в перспективные проекты, что способствует более эффективному использованию финансовых ресурсов и повышению конкурентоспособности.

11. Ускоренная интеграция вычислительных ресурсов в промышленные процессы – неокластеры активно внедряют технологии «Индустрии 4.0», такие как облачные вычисления, «интернет вещей» и большие данные для повышения эффективности и гибкости производственных процессов.

12. Ориентация на производство без участия человека – неокластеры стремятся к высокому уровню автоматизации и роботизации производственных операций, что повышает точность, производительность и безопасность производства.

В совокупности эти технологические решения и управленческие практики демонстрируют, что неокластеры активно внедряют современные технологии и

инструменты и стремятся к повышению эффективности, гибкости и инновационности своей деятельности на микроуровне. На региональном уровне неокластеры способствуют экономическому развитию, стимулируют инновационную активность, создают благоприятные условия для роста высокотехнологичных отраслей. Это позволяет формировать новые рыночные ниши и укреплять конкурентные преимущества на международном уровне. Кроме того, развитие неокластеров в регионах содействует устойчивому региональному развитию и внедрению модели циркулярной экономики на уровне региона, поскольку субъекты неокластера совместными усилиями могут осуществлять переработку отходов и обеспечивать вторичное использование сырья в замкнутом производственном цикле.

Важным условием формирования и развития неокластеров является совместное управление цепями поставок, реализуемое через цифровые интеграционные платформы, которые помогают оптимизировать процессы, улучшать взаимодействие между участниками и повышать конкурентоспособность в неокластерах.

По мнению авторов (Гелисханов, Юдина & Бабкин, 2018), цифровые платформы и формируемые ими платформенные экосистемы трансформируют целые отрасли и различные виды социально-экономической активности, становятся драйверами экономического роста, инноваций и конкуренции.

Как отмечает О. В. Мясникова, «использование платформенных решений при трансформации производственно-логистических систем является объективным результатом четвертой промышленной революции» (Мясникова, 2018; 2020). А. М. Зеневич и З. В. Пунчик рассматривают цифровые платформы в качестве важнейшего механизма формирования и развития цифровой экономики (Зеневич & Пунчик, 2019).

Совместное использование кластерной политики государства и инструментов управления цепями поставок как основы формирования региональной логистической системы в регионах Республики Беларусь рассматривается как способ обеспечения устойчивости региональных цепей поставок (Слонимская & Веретенникова, 2022).

По мнению авторов (Grzybowska & Cyplik, 2022), цифровизация экономики сопровождается переходом от традиционных цепочек поставок к цифровым. Использование цифровых технологий в цепочках поставок будет иметь важное значение для обеспечения равномер-

ного и быстрого восстановления мировой экономики при столкновении с различными типами экономической турбулентности, сбоями в цепочках поставок и непредвиденными событиями. Для сохранения устойчивости и управляемости цепочек поставок необходимо использовать надежные и передовые цифровые технологии. В ближайшем будущем цифровизация будет играть еще большую роль в работе цепочек поставок, повышая их информационную прозрачность и устойчивость.

Исследование (Franzò & Urbinati, 2023) представляет собой попытку дать всеобъемлющую концептуализацию различных ролей многосторонних платформ, обеспечивающих круговые цепочки поставок в условиях B2B, а также возможностей использовать многосторонние платформы для содействия созданию круговых цепочек поставок в этих условиях.

В исследовании (Ruijuan et al., 2024) на примере китайских компаний, котирующихся на бирже, установлено, что цифровизация открывает новые возможности для повышения устойчивости и уровня безопасности цепочек поставок, уровень цифровизации значительно повышает устойчивость цепочки поставок и способности к восстановлению. Кроме того установлено, что эффект улучшения цифровизации предприятий на устойчивость цепочки поставок более значителен на государственных предприятиях и компаниях с более высоким уровнем маркетизации.

Результаты исследования динамики денежных потоков в цепочке поставок во время и после сбоев (Ivanov, 2024), выполненного методом симуляционного анализа в AnyLogistix для изучения влияния корректировок условий оплаты денежных потоков в сложной сети цепочки поставок показали, что совместная корректировка условий оплаты является эффективной стратегией преодоления сбоев. Напротив, ad hoc корректировки и немедленный возврат к схемам выплат, существовавшим до кризиса, не приносят видимых улучшений. Положительное влияние на денежные средства и кредиты наблюдается в случае корректировки условий оплаты, происходящей упреждающе и скоординировано, особенно при ускорении платежей в нисходящем направлении и замедлении платежей в восходящем направлении.

Анализ полученных результатов

Таким образом, многочисленные исследования подтверждают повышение роли цифровых платформ в управлении цепями поставок и координации стратегий субъектов, входящих в неокластеры, которые позволя-

ют организациям, входящим в неокластер, улучшить их конкурентоспособность, удовлетворить потребности клиентов и достичь более высоких показателей в области поставок и логистики. Вместе с тем, в существующих исследованиях не уделяется должное внимание механизмам координации и управления цепями поставок, а также определению субъектов управления цепями поставок. Одним из таких механизмов предлагается рассматривать наличие кластерного ядра, которое играет ключевую роль в обеспечении эффективности, согласованности и развития всей цепочки поставок в рамках неокластера. В качестве критериев для обоснования выбора кластерного ядра предлагается использовать:

1. Размер и масштаб. Ядро кластера должно быть крупной организацией с достаточными ресурсами и возможностями для управления и координации цепочкой поставок. Организация должна иметь достаточное количество поставщиков, клиентов и логистических партнеров, чтобы обеспечить эффективную работу кластера.

2. Опыт и компетенции. Ядро кластера должно обладать опытом и компетенциями в области управления цепями поставок. Оно должно иметь экспертное знание в области планирования, координации, оптимизации и управления рисками в цепи поставок. Также важно, чтобы организация обладала технологическими возможностями для реализации и поддержки кластерной платформы.

3. Инновационность. Ядро кластера должно быть способно к инновациям и развитию новых методов и подходов в управлении цепями поставок. Оно должно стремиться к постоянному улучшению процессов, внедрению новых технологий и разработке передовых практик в области управления цепями поставок.

Создание механизма управления кластерной цепью поставок в Республике Беларусь требует активного участия и сотрудничества крупной организации в роли ядра, которая обладает опытом, ресурсами и технологическими возможностями.

Учитывая возможности современных цифровых технологий, неокластеры могут включать участников цепи поставок, не обязательно географически расположенных на одной территории. Однако, для формирования устойчивого сетевого объединения важно осуществлять отбор субъектов, которые могут войти в неокластер, на основе стратегических приоритетов Республики Беларусь, целей развития кластера и требований к отобран-

ным компаниям. Эти фильтры должны быть прозрачными, объективными и согласованными с целями развития кластера и страны в целом. Для отбора компаний в неокластер предлагается руководствоваться следующими требованиями:

1. Размер и потенциал. Компания должна иметь достаточный размер и потенциал для активного участия в неокластере. Это может включать такие факторы, как объем производства, обороты, рыночная доля и т. д.

2. Экономическая эффективность. Компании, которые демонстрируют высокую экономическую эффективность и конкурентоспособность, могут быть отобраны для включения в кластер. Это может включать такие факторы, как финансовые показатели, уровень производительности, эффективность использования ресурсов и др.

3. Качество и стандарты. Компания должна соответствовать высоким стандартам качества и безопасности продукции или услуг. Она должна иметь соответствующие сертификаты и аккредитации, подтверждающие ее соответствие требованиям.

4. Технологический потенциал. Компания должна проявлять инновационный подход и иметь технологический потенциал для внедрения новых решений и технологий в цепи поставок.

5. Локализация производства. Один из фильтров может быть связан с требованием локализации производства в Беларуси. Компании, которые готовы инвестировать в строительство или модернизацию производственных мощностей на территории Беларуси, могут получить преимущества при отборе в кластер.

6. Экологическая устойчивость. С учетом растущей важности экологических вопросов, компании, которые активно работают над снижением негативного воздействия на окружающую среду и применяют экологически чистые технологии, внедряют принципы циркулярной экономики, могут быть предпочтительными для включения в кластер.

7. Цифровизация. Компании, которые активно инвестируют в исследования и разработки, применяют инновационные технологии и стремятся к цифровой трансформации своих бизнес-процессов, могут быть приоритетными для включения в кластер.

8. Социальная ответственность. Компании, которые активно занимаются социальной ответственностью, вкладывают в развитие местного сообщества, поддерживают социальные программы и соблюдают высокие

стандарты в области трудовых отношений, могут быть предпочтительными для включения в кластер.

Компания, которая берет на себя роль кластерного ядра, выполняет функцию интегратора в неокластере и обеспечивает функционирование цифровой платформы. Существуют различные интеграционные платформы и системы управления цепями поставок, которые могут быть адаптированы для работы с неокластерами. Выбор конкретных инструментов и ресурсов для управления кластерами в цепях поставок зависит от требований и потребностей конкретной компании или организации. Популярные системы управления цепями поставок, такие как SAP Supply Chain Management, Oracle Supply Chain Management, IBM Sterling Supply Chain Suite и другие, могут служить примерами в обеспечении функциональности для управления неокластерами в контексте цепей поставок. Интеграционная платформа для управления кластерными цепями поставок организаций помогает повысить эффективность, улучшить координа-

цию и обеспечить более гибкое и прозрачное управление всей цепочкой поставок.

Рассмотрим интеграционную платформу управления кластерными поставками на примере IBM. IBM предлагает ряд решений и инструментов для управления кластерными цепочками поставок. Одним из таких решений является IBM Sterling Supply Chain Suite (https://www.ibm.com/sterling?lnk=hpmps_busc_aien&lnk2=learn). Эта интегрированная платформа предоставляет комплексные возможности для управления и оптимизации кластерных поставок. В таблице 1 представлены ключевые компоненты IBM Sterling Supply Chain Suite.

Неокластеры, как отмечалось выше, могут формироваться в новых отраслях, а также возникать в результате трансформации кластеров в традиционных отраслях. Интеграционные платформы в новых отраслях реализуются с учетом накопленного опыта в других секторах. Примеры использования цифровых платформ в неокластерах представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Ключевые компоненты цифровой платформы IBM Sterling Supply Chain Suite

Table 1 – Key components of the IBM Sterling Supply Chain Suite digital platform

Название модуля	Назначение	Функционал
IBM Sterling Order Management	Обеспечивает централизованное управление и координацию заказов в кластерной цепочке поставок	Позволяет эффективно управлять заказами из различных каналов продаж, оптимизировать запасы и обеспечить точность и своевременность доставок
IBM Sterling Inventory Visibility	Обеспечивает прозрачность и видимость запасов в режиме реального времени	Позволяет участникам цепочки поставок контролировать запасы на складах и точках продаж, а также быстро реагировать на изменения спроса и предложения
IBM Sterling Transportation Management	Обеспечивает эффективное планирование и управление транспортировкой	Позволяет оптимизировать маршруты доставки, управлять транспортными ресурсами и отслеживать грузы в режиме реального времени
IBM Sterling Supplier Collaboration	Обеспечивает сотрудничество и обмен информацией с поставщиками в кластерной цепочке поставок	Позволяет участникам взаимодействовать с поставщиками эффективно, обмениваться заказами, статусами поставок и другой важной информацией
IBM Sterling B2B Integrator	Обеспечивает интеграцию различных систем и форматов данных	Позволяет участникам обмениваться данными с использованием стандартных форматов и протоколов, обеспечивая согласованность и надежность обмена информацией

Источник: составлено авторами на основе данных <https://www.ibm.com/>.

Таблица 2 – Примеры использования цифровых платформ в неоклстерах

Table 2 – Examples of the use of digital platforms in neoclusters

Тип платформы	Область применения	Ключевые особенности
Интегрированная платформа управления медицинскими данными	Здравоохранение	Объединение данных из различных источников: электронные медкарты, результаты анализов, данные носимых устройств. Применение технологий машинного обучения для поддержки принятия врачебных решений. Обеспечение конфиденциальности и безопасности медицинской информации. Возможность удаленного мониторинга состояния пациентов
Интегрированная платформа управления городской инфраструктурой	Умный город	Сбор данных с различных городских систем: транспорт, ЖКХ, общественная безопасность. Применение технологий IoT и Big Data для мониторинга и оптимизации городских сервисов. Вовлечение жителей через мобильные приложения и интерактивные панели. Обеспечение единого окна для взаимодействия с городскими службами
Интегрированная платформа управления образовательным процессом	Образование	Объединение данных об успеваемости, посещаемости, анкетировании учащихся. Использование ИИ-технологий для персонализации обучения и выявления проблемных зон. Предоставление удаленного доступа к образовательным ресурсам и online-курсам. Вовлечение родителей, преподавателей и администрации в единую экосистему

Источник: составлено авторами.

Общими чертами реализации интеграционных платформ в новых отраслях являются:

- гибкая модульная архитектура для расширения функциональности;
- применение передовых технологий: Big Data, IoT, машинное обучение;
- обеспечение безопасности, конфиденциальности и доступности данных;
- вовлечение всех заинтересованных сторон в единую экосистему.

Такой комплексный подход позволяет создавать эффективные платформы, отвечающие потребностям новых высокотехнологических секторов экономики.

Одним из наиболее ярких примеров интеграционных платформ в неоклстерах новых отраслей является Silicon Valley в Калифорнии, США. Это самый известный в мире неоклстер, сформированный вокруг технологи-

ческих инноваций. В его рамках функционирует множество интеграционных платформ, таких как:

1. Платформа Plug and Play Tech Center – акселератор и венчурный фонд, который объединяет стартапы, корпорации и инвесторов для разработки и внедрения прорывных технологий.
2. Platform9 – облачная платформа, позволяющая управлять распределенными средами «умных» устройств, больших данных и машинного обучения.
3. Платформа Hacker Dojo – пространство для совместной работы, обучения и обмена идеями между инженерами, разработчиками и предпринимателями.

В Китае можно отметить неоклстер Zhongguancun в Пекине, известный как «Китайская Кремниевая долина». Его интеграционной платформой является Zhongguancun Science Park, предоставляющий широкий спектр услуг для инновационных компаний в области

ИТ, робототехники, биомедицины и других передовых отраслей.

Общими чертами этих успешных интеграционных платформ являются:

- обеспечение физических и цифровых пространств для сотрудничества;
- предложение широкого спектра услуг и программ поддержки инноваций;
- активное вовлечение как стартапов, так и крупных компаний;
- стимулирование трансфера знаний и технологий между участниками.

Платформенное решение для управления цепями поставок в неокластерах в Республике Беларусь может предложить ряд особенностей и возможностей, учитывая специфику экономики и промышленного развития страны. Ключевыми характеристиками такой платформы должны стать интеграция отечественных производителей и поставщиков в единую цифровую экосистему, поддержка локальных логистических и инфраструктурных решений, адаптация к нормативно-правовому полю Республики Беларусь и интеграция с национальными системами учета и отчетности.

Отслеживание движения грузов и товаров в режиме реального времени, планирование и оптимизация логистических операций, управление запасами и спросом, интеграция с ERP, WMS и другими системами участников, а также анализ данных и выработка рекомендаций по повышению эффективности являются основными функциями платформы. Преимущества для участников неокластера включают повышение прозрачности, гибкости и скорости цепи поставок, снижение затрат и повышение эффективности логистических операций, возможность принятия более обоснованных управленческих решений, а также улучшение взаимодействия и координации между участниками.

Важным аспектом является акцент на экспортную деятельность: платформа должна оказывать помощь белорусским предприятиям в выходе на внешние рынки и содействовать в логистике и таможенном оформлении экспортных поставок. Кроме того, платформа должна обеспечивать кооперацию с другими странами путем налаживания взаимодействия с неокластерами в странах ЕАЭС и других заинтересованных в сотрудничестве с Республикой Беларусь государствах, а также синхронизации бизнес-процессов и обмена данными.

Использование отечественных разработок, таких как белорусские ИТ-решения, технологии и сервисы, также является важным требованием, поскольку это будет способствовать поддержке развития национальной технологической базы и обеспечению технологического суверенитета Республики Беларусь. Наконец, платформа должна обеспечивать безопасность и защиту данных, соблюдать требования кибербезопасности и сохранять конфиденциальность информации с использованием сертифицированных средств защиты.

Для реализации платформенного решения для управления цепями поставок в неокластерах Республики Беларусь можно предложить следующий подход (рисунок 1).

Реализация такой комплексной платформы требует тесного сотрудничества государственных органов, ИТ-компаний, производственных предприятий и логистических операторов Республики Беларусь. Поэтапное внедрение с учетом обратной связи пользователей позволит создать эффективный инструмент управления цепями поставок, повышающий конкурентоспособность белорусских неокластеров.

Такая комплексная платформа, адаптированная под нужды белорусских неокластеров, позволит значительно повысить их эффективность, конкурентоспособность и интеграцию в глобальные цепочки создания стоимости, а также обеспечить технологический суверенитет страны и реализацию потенциала ИТ-сферы для нужд национальной экономики.

Выводы

Неокластер – это современная концепция экономического развития, которая представляет собой усовершенствованную форму бизнес-кластера. В отличие от традиционных кластеров, которые объединяют предприятия одной отрасли или смежных отраслей, неокластеры ориентированы на интеграцию различных отраслей и инновационных технологий. Неокластеры способствуют динамичному развитию экономики, стимулируя инновационную активность и создавая благоприятные условия для роста высокотехнологичных отраслей. Это позволяет формировать новые рыночные ниши и укреплять конкурентные преимущества на международном уровне.

Изучение эволюции кластерной концепции позволило выявить отличительные признаки неокластера, к которым можно отнести межотраслевое сотрудничество, активное использование новейших технологий и иссле-



Рисунок 1 – Задачи по реализации платформенного решения для управления цепями поставок в неокластерах

Figure 1 – Tasks for implementing a platform solution for supply chain management in neoclusters

Источник: составлено авторами.

дований для развития бизнеса, применение элементов искусственного интеллекта, больших данных, автоматизации и смарт-систем для повышения эффективности и конкурентоспособности; реализация концепции устойчивого развития в бизнесе через фокус экологичности и социальной ответственности.

Совместное управление цепями поставок, реализуемое через цифровые интеграционные платформы, является важным условием формирования и развития неокластеров, оптимизации процессов, улучшения взаимодействия между участниками и повышения конкурентоспособности в неокластерах. Цифровые платформы и неокластеры стали мощными двигателями современной логистики и управления цепями поставок. Интеграция технологий и сотрудничества обеспечивает значительные преимущества, такие как оптимизация процессов, инновации и повышение конкурентоспособности. Неокластеры играют ключевую роль в создании инновационных экосистем, стимулирующих рост и развитие отраслей и регионов.

Предложены механизмы координации и управления цепями поставок, такие как формирование кластерного ядра и фильтрация участников кластера. Определены критерии выбора ядра и участников неокластера. Изучен зарубежный опыт реализации цифровых платформ для управления цепями поставок, примеры их успешного применения в неокластерах в сфере здравоохранения, образования, зеленого градостроительства.

Предложен подход для реализации платформенного решения для управления цепями поставок в неокластерах Республики Беларусь с использованием отечественных разработок, таких как белорусские ИТ-решения, технологии и сервисы, который будет способствовать поддержке развития национальной технологической базы и обеспечению технологического суверенитета Республики Беларусь, обеспечивать безопасность и защиту данных, соблюдать требования кибербезопасности и сохранять конфиденциальность информации с использованием сертифицированных средств защиты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Базуева, Е. В., Оборина, Е. Д. и Ковалева, Т. Ю. (2016). Обоснование предпосылок формирования и развития высокоэффективных кластеров в региональной экономике: обзор отечественного и зарубежного опыта. *Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика»*, 2016, № 2(29), с. 93–108.
- Гелисханов, И. З., Юдина, Т. Н. и Бабкин, А. В. (2018). Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 2018, Т. 11, № 6, с. 22–36.
- Вайлунова, Ю. Г. и Яшева, Г. А. (2021). Модель повышения конкурентоспособности национальной экономики на основе неокластерного подхода. *Економічний вісник університету*, 2021, № 50, с. 124–128.
- Зеневич, А. М. и Пунчик, З. В. (2019). Цифровая платформа как элемент цифровой экономики. *Научные труды Белорусского государственного экономического университета*, 2019, Вып. 12, с. 187–193.
- Мясникова, О. В. (2018). Трансформация цепей поставок как ответ на вызовы четвертой промышленной революции. *Экономика. Управление. Инновации*, 2018, № 1 (3), с. 50–54.
- Мясникова, О. В. (2020). Платформенные решения для цифровой трансформации производственно-логистических систем. *Цифровая трансформация*, 2020, № 2, с. 5–15.
- Напольских, Д. Л. (2021). Теоретическая модель инновационного гиперкластера как формы неокластеризации производства и конвергенции экономического пространства. *Вестник ПГТУ*, 2021, № 3 (51), с. 34–44.
- Петрухин, А. Б., Дмитриев, Ю. А., Лачина, Т. А., Абдряшитова, А. И. и Чистяков, М. С. (2018). Инновационный кластер и технологическая платформа в концепции формирования конкурентоспособной текстильной промышленности (на примере Ивановской Области). *Технология текстильной промышленности*, 2018, № 6 (378), с. 18–22.
- Слонимская, М. А. и Веретенникова, Е. С. (2022). Концепция кластерных цепей поставок как инструмент формирования региональной логистической системы. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2022, № 2 (43), с. 168–182.

Яшева, Г. А. и Вайлунова, Ю. Г. (2023). Методические аспекты формирования региональных кластерных стратегий в условиях цифровизации экономики Республики Беларусь. *Вестник Брестского государственного технического университета*, 2023, № 1(130), С. 153–158.

Ivanov, D. (2024). Cash flow dynamics in the supply chain during and after disruptions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 185, 2024, 103526, ISSN 1366–5545.

Delgado, M. and Porter, M. E. (2021). Clusters and the Great Recession. Preprint. [Online] https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3819293, accessed: 25.03.2024.

Engel, S. and del-Palacio, I. (2009). Global Networks of Clusters of Innovation: Accelerating the Innovation Process. *Business Horizons*, September 2009, 52/5, pp. 493–503.

Franzò, S. and Urbinati, A. (2023). Managing resource loops in circular supply chains: A taxonomy of multi-sided platforms in the B2B setting. *Industrial Marketing Management*, 2023, Volume 115, pp. 185–197, ISSN 0019–8501.

Grzybowska, K. and Cyplik, P. (2022). Digital Technology for Digital Supply Chain – The Clusters Identification. *European Research Studies Journal*, 2022, Volume XXV, Issue 3, pp. 203–215.

Gudelytė, L. (2021). On the failure and systemic risk of innovation cluster: copula approach. *Business, Management and Economics Engineering*, 19(1), pp. 24–33.

Muro, M. and Katz, B. (2010). The New cluster moment: how regional innovation clusters can foster the next economy. *Metropolitan Policy Program at Brookings*, September 2010, pp. 1–59.

OECD (2001). *Innovative Clusters: Drivers of National Innovation Systems*. Paris: OECD Publishing, France.

Porter, M., Delgado, M. and Stern, S. (2010). Clusters and entrepreneurship, *Journal of Economic Geography*. 2010, № 10, pp. 495–518.

Ruijuan, Q., Guowei, M., Chang, L., Qiwen, Z. and Qianyi, W. (2024). Enterprise Digital Transformation and Supply Chain Resilience. *Finance Research Letters*, 2024, 105564, ISSN 1544–6123.

REFERENCES

Bazueva, E. V., Oborina, E. D. and Kovaleva, T. U. (2016). Justification of the prerequisites for the formation and development of highly efficient clusters in the regional economy: a review of domestic and foreign experience [Obosnovanie predposylok formirovaniya i razvitiya vysokoeffektivnykh klasterov v regionalnoy ekonomike: obzor otechestvennogo i zarubejnogo opyta]. *Vestnik Permskogo universiteta. Ser. «Ekonomika» = Bulletin of Perm University. Ser. "Economy"*, 2016, № 2(29), pp. 93–108 [In Russian].

Gelishkhanov, I. Z., Yudina, T. N. and Babkin, A. V. (2018). Digital platforms in the economy: essence, models, development trends [Tsifrovyye platformy v ekonomike: suschnost, modeli, tendentsii razvitiya]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki = Scientific and technical bulletins of SPbSPU. Economic Sciences*, 2018, T. 11, № 6, pp. 22–36 [In Russian].

Vailunova, Yu. G. and Yasheva, G. A. (2021). Model for increasing the competitiveness of the national economy based on a neocluster approach [Model povyisheniya konkurentosposobnosti natsionalnoy ekonomiki na osnove neoklasternogo podhoda]. *Ekonomichnij visnik universitetu = University Economic Bulletin*, 2021, № 50, pp. 124–128 [In Russian].

Zenevich, A. M. and Punchyk, Z. V. (2019). Digital platform as an element of the digital economy [Tsifrovaya platforma kak element tsifrovoy ekonomiki]. *Nauchnyye trudy Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Scientific works of the Belarusian State Economic University*, 2019, Вып. 12, pp. 187–193 [In Russian].

Myasnikova, O. V. (2018). Transformation of supply chains as a response to the challenges of the fourth industrial revolution [Transformatsiya tsepey postavok kak otvet na vyzovyi chetvertoy promyshlennoy revolyutsii]. *Ekonomika. Upravlenie. Innovatsii = Economics. Management. Innovation*, 2018, № 1 (3), pp. 50–54 [In Russian].

Myasnikova, O. V. (2020). Platform solutions for digital transformation of production and logistics systems [Platformennyye resheniya dlya tsifrovoy transformatsii proizvodstvenno-logisticheskikh sistem]. *TSifrovaya transformatsiya = Digital transformation*, 2020, № 2, pp. 5–15 [In Russian].

Napolskikh, D. L. (2021). Theoretical model of an innovative hypercluster as a form of neoclusterization of production and convergence of economic space [Teoreticheskaya model innovatsionnogo giperklastera kak formy neoklasterizatsii proizvodstva i konvergentsii ekonomicheskogo prostranstva]. *Vestnik PGTU = Bulletin of PSTU*, 2021, № 3 (51), pp. 34–44 [In Russian].

Petrukhin, A. B. Dmitriev, Yu. A., Lachinina, T. A., Abdryashitova, A. I. and Chistyakov, M. S. (2018). Innovation cluster and technological platform in the concept of forming a competitive textile industry (using the example of the Ivanovo Region) [Innovatsionnyy klaster i tehnologicheskaya platforma v kontseptsii formirovaniya konkurentosposobnoy tekstilnoy promyshlennosti (na primere Ivanovskoy Oblasti)]. *Tehnologiya tekstilnoy promyshlennosti = Textile technology*, 2018, № 6 (378), pp. 18–22 [In Russian].

Slonimskaya, M. A. and Veretennikova, E. S. (2022). The concept of cluster supply chains as a tool for the formation of a regional logistics system [Kontsepsiya klasternykh tsepey postavok kak instrument formirovaniya regionalnoy logicheskoy sistemy]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, 2022, № 2 (43), pp.168–182 [In Russian].

Yasheva, G. A. and Vailunova, Yu. G. (2023). Methodological aspects of the formation of regional cluster strategies in the context of digitalization of the economy of the Republic of Belarus [Metodicheskie aspekty formirovaniya regionalnykh klasternykh strategiy v usloviyah tsifrovizatsii ekonomiki Respubliki Belarus]. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta = Bulletin of Brest State Technical University*, 2023, № 1(130), pp. 153–158 [In Russian].

Ivanov, D. (2024). Cash flow dynamics in the supply chain during and after disruptions, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 185, 2024, 103526, ISSN 1366–5545.

Delgado, M. and Porter, M. E. (2021). Clusters and the Great Recession, Preprint, [Online] https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3819293, accessed: 25.03.2024.

Engel, S. and del-Palacio, I. (2009). Global Networks of Clusters of Innovation: Accelerating the Innovation Process, *Business Horizons*, September 2009, 52/5, pp. 493–503.

Franzò, S. and Urbinati, A. (2023). Managing resource loops in circular supply chains: A taxonomy of multi-sided platforms in the B2B setting, *Industrial Marketing Management*, 2023, Volume 115, pp. 185–197, ISSN 0019–8501.

Grzybowska, K. and Cyplik, P. (2022), Digital Technology for Digital Supply Chain – The Clusters Identification, *European Research Studies Journal*, 2022, Volume XXV, Issue 3, pp. 203–215.

Gudelytė, L. (2021). On the failure and systemic risk of innovation cluster: copula approach. *Business, Management and Economics Engineering*, 19(1), pp. 24–33.

Muro, M. and Katz, B. (2010). The New cluster moment: how regional innovation clusters can foster the next economy, *Metropolitan Policy Program at Brookings*, September 2010, pp. 1–59.

OECD (2001), *Innovative Clusters: Drivers of National Innovation Systems*, Paris: OECD Publishing, France.

Porter, M., Delgado, M. and Stern, S. (2010). Clusters and entrepreneurship, *Journal of Economic Geography*, 2010, № 10, pp. 495–518.

Ruijuan, Q., Guowei, M., Chang, L., Qiwen, Z. and Qianyi, W. (2024). Enterprise Digital Transformation and Supply Chain Resilience, *Finance Research Letters*, 2024, 105564, ISSN 1544–6123.

Информация об авторах

Information about the authors

Салтрукович Наталья Олеговна

Студент, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: natasha19821976@gmail.com

Алексеева Елена Анатольевна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и электронный бизнес», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: alekseeva@vstu.by

Natalia O. Saltrukovich

Student, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: natasha19821976@gmail.com

Alena A. Aliakseyeva

Candidate of Sciences (in Economics), Associate Professor of the Department "Economics and Electronic Business", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: alekseeva@vstu.by

1. Научно-технический журнал «Вестник Витебского государственного технологического университета» выходит четыре раза в год.

2. К печати допускаются статьи по трем тематическим направлениям:

I. **«Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности»**, включающее статьи по технологии производства, материаловедению, товароведению, экспертизе и безопасности текстильных, швейных, обувных и кожевенно-галантерейных изделий.

II. **«Химическая технология»**, включающее статьи, в которых рассматриваются физико-химические основы химической технологии волокнистых материалов, технологии получения и переработки полимеров и композитов на их основе, оборудование химических производств, а также способы рационального использования материальных ресурсов в промышленности.

III. **«Экономика»**, содержащее статьи по исследованию экономических и бизнес-процессов в промышленности, включая интеграционные и кооперационные связи в рамках региональных объединений и межотраслевых структур.

3. В журнале публикуются статьи следующих видов:

- научная статья;
- обзорная статья;
- заметки редактора.

4. Рукописи, направляемые в журнал, должны являться оригинальным материалом, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

5. К рукописи статьи необходимо приложить следующие материалы:

- заявку с указанием названия статьи, тематического направления (из п. 2), к которому она подается, вида статьи (из п. 3), со списком авторов и их личными подписями. В заявке авторы должны гарантировать, что статьи не публиковались ранее в других изданиях в их нынешней или близкой по содержанию форме, не находятся на рассмотрении в редакциях других изданий и все возможные конфликты интересов, связанные с авторскими правами и опубликованием рассматриваемых статей, урегулированы. Также в заявке необходимо указать согласие авторов на размещение полного текста статьи в сети Интернет;

- аннотацию на русском языке объемом 150–250 слов. Аннотация призвана выполнять функцию независимого источника информации, должна быть информативной,

оригинальной, структурированной. В аннотации должна быть отражена актуальность темы исследования, постановка проблемы, цель и методы исследования, полученные результаты. В случае выполнения исследований в рамках финансируемых проектов или грантов после текста аннотации необходимо указать источник финансирования;

- перевод аннотации на английский язык;
- ключевые слова на русском и английском языках (5–8 слов или выражений);

- сопроводительное письмо от организации, где выполнялась работа, или выписка из протокола заседания кафедры (для авторов, являющихся сотрудниками ВГТУ);

- экспертное заключение о возможности опубликования представленных материалов в открытой печати;

- справку, содержащую сведения об авторах (место работы, должность, ученая степень, адрес, телефон, e-mail, идентификационный номер ORCID, если они имеются) – на русском и английском языках;

- электронный вариант всех материалов, кроме сопроводительного письма (выписки из протокола заседания кафедры) и экспертного заключения.

6. Направляемые в редакцию журнала статьи должны иметь следующую структуру: индекс УДК; название статьи; фамилии и инициалы авторов; текст статьи; список использованных источников.

7. Статья должна содержать следующие разделы:

- введение, включающее обоснование актуальности рассматриваемой проблемы, характеристику состояния проблемы до начала ее изучения авторами со ссылками на источники информации, цель исследований;

- методы и средства исследований, в том числе, авторские методики, если они использовались при выполнении работы;

- результаты исследований;
- анализ полученных результатов с точки зрения их научной новизны и в сопоставлении с соответствующими известными данными и высказанными при постановке задачи гипотезами;

- выводы. Выводы не должны носить констатирующий характер и содержать сведения, отсутствующие в основном тексте статьи.

8. Оформление ссылок на используемые источники и их библиографического описания осуществляется в соответствии со стандартом Harvard (Harvard

reference system) согласно отдельной инструкции.

9. Список использованных источников должен включать ссылки на актуальные научные публикации по теме статьи. Количество источников в научной статье включает не менее 15 наименований, в обзорной статье – не менее 30 наименований.

10. Не менее 50 % списка источников должны составлять ссылки на научные публикации, изданные в течение последних 10 лет. Излишнее самоцитирование не допускается. Количество ссылок на работы автора (соавторов) статьи не должно превышать 25 % от числа цитируемых научных публикаций.

11. Список должен содержать не менее 30 % источников в изданиях, включенных в ведущие международные наукометрические базы (Scopus, Web of Science).

12. В список источников не включаются стандарты, другие нормативные документы, методические рекомендации, статистические бюллетени, сайты ненаучного содержания. Ссылки на подобные источники оформляются в виде примечаний по тексту статей.

13. Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

- статьи подаются на русском или английском языке;
- текст статьи, аннотации и ключевые слова набираются шрифтом Arial, 11 pt, с полями страницы (верхнее, нижнее, левое, правое) – 20 мм и одинарным межстрочным интервалом;
- страницы рукописи статьи должны быть пронумерованы;
- объем научной статьи без учета аннотации и списка использованных источников должен составлять от 20 000 до 40 000 печатных знаков (6–12 страниц); объем обзорной статьи – не менее 10 страниц;
- в файлах не должно быть макросов, колонтитулов и других сложных элементов форматирования за исключением нумерации страниц;
- исключается автоматическая или ручная расстановка переносов;
- формулы набираются в редакторе формул, совместимым с Microsoft Word, полужирным курсивом;
- таблицы располагаются после первого упоминания в тексте. При этом они не должны дублировать сведения, отображенные на графиках. Заголовки таблиц располагаются по центру страницы. Табличные данные – по центру или выравниваются по левому краю. Заливка не используется;

- иллюстрации располагаются после первого упоминания о них в тексте. Каждая иллюстрация должна иметь подрисуночную надпись (Arial, 10 pt). Графики и диаграммы представляются как рисунки, выполняются в графическом редакторе, совместимым с Microsoft Word. Фотографии должны иметь контрастное изображение;

- иллюстрации, графики, диаграммы, фотографии должны быть сохранены на электронном носителе каждый отдельным файлом в стандартах растровой графики и следующим форматом: JPEG; RAW; TIFF; BMP; PSD; PCX; PNG, разрешением не менее 300 dpi;

- в случае оформления графиков, диаграмм, схем и других иллюстраций с использованием программ Excel и PowerPoint авторы должны дополнительно представить исходные файлы электронных таблиц, презентаций и т. д.;

- иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. Нумерация формул приводится арабскими цифрами в круглых скобках по правому краю страницы;

- в случае представления статьи на русском языке необходимо дополнить подрисуночные надписи и названия таблиц переводом на английский язык;

- распечатка статьи должна полностью соответствовать приложенному файлу.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются.

14. Авторы статей несут ответственность за достоверность приводимых в статье данных и результатов исследований.

15. Редакция не взимает плату за опубликование научных статей.

16. Редакция предоставляет возможность первоочередного опубликования статей, представленных лицами, осуществляющими послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство) в год завершения обучения.

17. Поступившие в редакцию статьи после предварительной экспертизы на соответствие предъявляемым требованиям направляются двум специалистам для проведения «слепого» рецензирования. Окончательное решение о публикации принимается на заседании редакционной коллегии с учетом результатов рецензирования.

18. Отклоненные редколлегией рукописи статей авторам не возвращаются.

19. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения и сокращения в тексте статьи, аннотации, не искажающие основное содержание статьи. Сверстанные тексты статей до опубликования направляются авторам для согласования.

20. Статьи представляются в редакцию по адресу: 210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72, Берашевич Ирине Васильевне. Электронный вариант материалов допускается направлять по электронной почте на адрес vestnik-vstu@yandex.by ответственному секретарю редакционной коллегии Рыклину Дмитрию Борисовичу.

Для цитирования информационных ресурсов рекомендуется использовать Гарвардский стиль оформления (Harvard).

Ссылка на источник приводится в скобках и состоит из фамилии автора на языке источника и года публикации (Smith, 2020).

Если цитируются несколько источников в одних круглых скобках, следует перечислить их в том же порядке, в котором они указаны в списке литературы, и использовать точку с запятой для их разделения (Johnson, 2015; Smith, 2014).

Цитата приводится в кавычках с указанием номера страницы "After that I lived like a young rajah in all the capitals of Europe..." (Fitzgerald, 2018, p. 43).

Если материал был создан несколькими лицами, их фамилии принято разделять союзом "and" (в русскоязычных источниках – союзом "и"). Два автора (Johnson and Williams, 2019). Три автора (Taylor, Fisher and Brown, 2014). Если авторами выступает более трех индивидов, то делается пометка et al. (Harrison et al., 2016).

Для различения авторов с одной фамилией применяются инициалы; для работ одного автора, опубликованных в одном году – латинская буквенная идентификация, например, (Ivanov, 2017a, 2017b).

Если авторы источника не указаны, используется название источника, помещенное в кавычки, и выделенное курсивом "Psychology of pressure" (2010).

Список использованных источников

В соответствии с требованиями отечественных и международных баз данных, для обеспечения качественной и точной оценки цитируемости научных работ в рукописях необходимо приводить два списка источников:

1. Список источников на языке оригинала.

Библиографическое описание оформляется следующим образом (таблица 1).

При наличии в источнике четырех и более авторов необходимо перечислить всех авторов в библиографической записи. Пунктуация должна быть следующей: два автора, отделяются "and" без запятой; несколько авторов, разделяются запятыми, но последняя фамилия должна быть связана с предыдущей "and" без запятой. Ingram, T.N., Laforge, R.W., Schwepker, T.V. and Williams, M.R. (2007).

Источники одного и того же автора должны быть упорядочены по году публикации. Если в одном году опубликовано несколько произведений одного и того же автора, они располагаются в алфавитном порядке названий.

При наличии в описании источника электронного идентификатора DOI, он указывается в конце библиографического описания в списке источников.

2. Список с переводом на английский язык библиографических данных тех источников, которые изданы на других языках (References).

Если все источники изданы на английском языке, второй список не оформляется. Для русскоязычных источников в References в конце описания после указания диапазона страниц в круглых скобках указывается идентификатор языка первоисточника (In Russian).

Библиографическое описание оформляется следующим образом (таблица 2).

Библиографические данные в обоих списках нумеруются и располагается в алфавитном порядке по первой букве первого слова каждого источника (обычно это фамилия первого автора, если авторы не указаны,

Таблица 1

Статья в научном журнале	Фамилия, И.О. (год). Название статьи. <i>Название издания курсивом</i> , vol. номер тома, no. номер выпуска (если он есть), pp. номера страниц статьи.
Книга	Фамилия, И.О. (год). <i>Название курсив.</i> Город: издательство, страна.
Электронный ресурс	Автор (год), "Название статьи", [Online], полный URL, (дата обращения (Accessed, если источник на английском языке): дд.мм.гггг).

ОФОРМЛЕНИЕ ССЫЛОК НА ИСТОЧНИКИ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Таблица 2

Статья в научном журнале	Фамилия, И.О. (год). Перевод названия статьи на английский язык [Название в транслитерации]. <i>Название издания в транслитерации = на английском языке курсивом</i> , vol. номер тома, no. номер выпуска (если он есть), pp. номера страниц статьи (In Russian).
Книга	Фамилия, И.О. (год). <i>Название в транслитерации курсивом</i> [Название на английском языке]. Город: издательство, страна (In Russian).

то по названию). В начале списка перечисляются русскоязычные источники, затем иностранные.

Подробные рекомендации по составлению списков литературы по стандарту Harvard представлены на сайте <https://www.emeraldgroupublishing.com/how-to/authoring-editing-reviewing/use-harvard-reference-system>.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ВЕСТНИК

**ВИТЕБСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 2 (48)

Дизайн **Дударева Д. Д., Погорельская С. И.**

Вёрстка издания **Погорельская С. И.**

Редактор издания **Никифорова Р. А.**

Подписано в печать 23.08.2024. Печать цифровая. Гарнитура Akrobat, Inter Tight.
Усл. печ. листов 19,9. Уч.-изд. листов 18,7. Формат 60x90 1/8. Тираж 100 экз. Заказ № 332.

Свёрстано и подготовлено к печати издательским сектором Витебского государственного технологического университета 210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Полиграфическое исполнение - Республиканское унитарное предприятие «Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь»
220004, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Кальварийская, 17.
ЛП № 02330/89 от 3 марта 2014 года.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь № 1235 от 8 февраля 2010 г.