

НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства



NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

НАУКА МОЛОДАЯ - 2026

Сборник статей II Международного
конкурса молодых учёных,
состоявшегося 19 августа 2026 г.
в г. Петрозаводске

г. Петрозаводск
Российская Федерация
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»
2026

УДК 001.12
ББК 70
НЗ4

Ответственные редакторы:
Ивановская И.И., Кузьмина Л.А.

НЗ4 Наука молодая - 2026 : сборник статей II Международного конкурса молодых учёных (19 августа 2026 г.). — Петрозаводск : МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2026. — 145 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-00276-149-4

Настоящий сборник составлен по материалам II Международного конкурса молодых учёных НАУКА МОЛОДАЯ - 2026, состоявшегося 19 августа 2026 года в г. Петрозаводске (Россия). В сборнике рассматривается круг актуальных вопросов, стоящих перед современными исследователями. Целями проведения конкурса являлись обсуждение практических вопросов современной науки, результатов исследований, полученных специалистами в охватываемых областях, развитие методов и средств получения научных данных, обмен опытом. Сборник может быть полезен научным работникам, преподавателям, слушателям вузов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Авторы публикуемых статей несут ответственность за содержание своих работ, точность цитат, легитимность использования иллюстраций, приведенных цифр, фактов, названий, персональных данных и иной информации, а также за соблюдение законодательства Российской Федерации и сам факт публикации.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке Elibrary.ru в соответствии с Договором № 467-03/2018К от 19.03.2018 г.

УДК 001.12
ББК 70

ISBN 978-5-00276-149-4

Состав редакционной коллегии и организационного комитета:

Аймурзина Б.Т., доктор экономических наук
Ахмедова Н.Р., доктор искусствоведения
Битокова С.Х., доктор филологических наук
Блинкова Л.П., доктор биологических наук
Гапоненко И.О., доктор филологических наук
Героева Л.М., доктор педагогических наук
Добжанская О.Э., доктор искусствоведения
Доровских Г.Н., доктор медицинских наук
Дорохова Н.И., кандидат филологических наук
Ергалиева Р.А., доктор искусствоведения
Ершова Л.В., доктор педагогических наук
Зайцева С.А., доктор педагогических наук
Зверева Т.В., доктор филологических наук
Казакова А.Ю., доктор социологических наук
Кобозева И.С., доктор педагогических наук
Кулеш А.И., доктор филологических наук
Мантатова Н.В., доктор ветеринарных наук
Мокшин Г.Н., доктор исторических наук
Муратова Е.Ю., доктор филологических наук
Никонов М.В., доктор сельскохозяйственных наук
Панков Д.А., доктор экономических наук
Петров О.Ю., доктор сельскохозяйственных наук
Поснова М.В., кандидат философских наук
Рыбаков Н.С., доктор философских наук
Сансызбаева Г.А., кандидат экономических наук
Симонова С.А., доктор философских наук
Ханиева И.М., доктор сельскохозяйственных наук
Хугаева Р.Г., кандидат юридических наук
Червинец Ю.В., доктор медицинских наук
Чистякова О.В., доктор экономических наук
Чумичева Р.М., доктор педагогических наук

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	7
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ.....	8
<i>Покутная Александра Рустемовна</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПРОВИЗАЦИИ В ОБУЧЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ ХОРЕОГРАФИИ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА	14
<i>Бурдина Алена Максимовна</i>	
СЕКЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	25
КАЧЕСТВО ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОСТИ	26
<i>Аббуд Хасан Юсеф, Горелова Виктория Владимировна</i>	
ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ.....	34
<i>Федорова Елизавета Сергеевна, Печенин Дмитрий Сергеевич</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ В КОРИДОРЕ КИТАЙ–РОССИЯ: СТРАТЕГИИ ОБХОДА ЛОГИСТИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В 2026 ГОДУ	41
<i>Джиоев Александр Викторович</i>	
СЕКЦИЯ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ	50
ВЛИЯНИЕ ПРОМОТОРОВ ПЛАТИНЫ И ПАЛЛАДИЯ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША.....	51
<i>Яковенко Евгения Юрьевна, Телегин Даниил Валерьевич, Марченко Виктория Сергеевна, Храпов Назар Рауфович, Василенко Денис Валерьевич</i>	
ВЛИЯНИЕ ПРОМОТИРОВАНИЯ ЛАНТАНОМ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СЕЛЕКТИВНОСТЬ КОБАЛЬТОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША	56
<i>Яковенко Евгения Юрьевна, Марченко Виктория Сергеевна, Телегин Даниил Валерьевич, Храпов Назар Рауфович, Василенко Денис Валерьевич</i>	
АКТУАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕАКЦИИ СУЗУКИ-МИЯУРЫ: ОТ КЛАССИЧЕСКИХ СИСТЕМ К МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ ПОДХОДАМ	61
<i>Гнатюк Ирина Геннадьевна, Лаврентьев Игорь Вячеславович, Рогов Ростислав Сергеевич, Малахов Алексей Юрьевич, Афанасьева Мария Дмитриевна</i>	

СИНТЕЗ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В УСЛОВИЯХ МЕХАНОХИМИИ: ОТ НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ К ВЫСОКОАКТИВНЫМ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСАМ.....	69
<i>Гнатюк Ирина Геннадьевна, Лаврентьев Игорь Вячеславович, Рогов Ростислав Сергеевич, Малахов Алексей Юрьевич, Асеева Юлия Михайловна</i>	
ЭВОЛЮЦИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РЕАКЦИИ БУХВАЛЬДА- ХАРТВИГА: ОТ КЛАССИЧЕСКИХ ПАЛЛАДИЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ ДО МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ.....	76
<i>Гнатюк Ирина Геннадьевна, Лаврентьев Игорь Вячеславович, Рогов Ростислав Сергеевич, Дзюба Максим Андреевич, Афанасьева Мария Дмитриевна</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТРИАЗОЛИЕВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ	84
<i>Лаврентьев Игорь Вячеславович, Рогов Ростислав Сергеевич, Дзюба Максим Андреевич, Асеева Юлия Михайловна, Афанасьева Мария Дмитриевна</i>	
СЕКЦИЯ МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ	93
ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ ШИЗОФРЕНИИ: КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТААНАЛИЗ	94
<i>Гацук Егор Андреевич, Осипенко Алексей Владимирович</i>	
СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	99
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	100
<i>Пузанова Наталья Сергеевна, Пуртова Валерия Александровна</i>	
СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКА.....	111
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ КАФЕДРЫ ПО УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	112
<i>Бальчугов Илья Георгиевич, Демишев Андрей Альбертович, Новиков Александр Сергеевич, Салмина Евгения Николаевна, Алексеев Лев Валерьевич</i>	
СЕКЦИЯ ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	124
ФРАЗЕОЛОГИЗМЫ О ВРЕМЕНИ В РУССКОМ И КИТАЙСКОМ ЯЗЫКАХ.....	125
<i>Маденова Анна Павловна</i>	
СЕКЦИЯ АРХИТЕКТУРА.....	131
ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	132
<i>Таран Денис Алексеевич, Мединский Глеб Олегович</i>	

СЕКЦИЯ ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ..... 137

ЧЕРТЫ СТИЛЯ ФРАНСИСА ПУЛЕНКА НА ПРИМЕРЕ ХОРА «ПРЕКРАСНАЯ И ПОХОЖАЯ» НА СТИХИ ПОЛЯ ЭЛЮАРА	138
---	-----

Равикovich Лидия Леонидовна

**СЕКЦИЯ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ

Покутная Александра Рустемовна

магистрант группы USOGZ-221

Научный руководитель: **Интымакова Лариса Григорьевна**

канд. филос. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный
экономический университет (РИНХ)»

Аннотация: В статье рассматривается роль педагогических средств как инструмента повышения качества управления в общеобразовательной школе. Раскрываются основные группы педагогических средств – организационно-педагогические, психолого-педагогические, дидактические и информационно-педагогические – и их функции в управленческом процессе. Описывается системный подход к внедрению этих средств: от диагностики «узких мест» до мониторинга результатов.

Ключевые слова: педагогические средства, управление школой, качество образования, педагогический менеджмент, ФГОС, цифровизация, системный подход, эффективность управления.

PEDAGOGICAL MEANS AS A TOOL FOR IMPROVING MANAGEMENT QUALITY IN GENERAL EDUCATION SCHOOLS

Pokutnaya Alexandra Rustemovna

Scientific adviser: **Intymakova Larisa Grigorievna**

Abstract: The article examines the role of pedagogical tools as instruments for enhancing management quality in general education schools. It outlines the main categories of pedagogical tools-organizational-pedagogical, psychological-pedagogical, didactic, and informational-pedagogical-and their functions within the management process. A systemic approach to implementing these tools is described, ranging from the diagnosis of «bottlenecks» to the monitoring of results.

Key words: pedagogical tools, school management, quality of education, pedagogical management, Federal State Educational Standards (FSES), digitalization, systems approach, management efficiency.

Современное образование сталкивается с необходимостью постоянного повышения качества управления образовательными организациями. В условиях реализации ФГОС и растущих требований к результатам обучения особую роль играют педагогические средства – инструменты, объединяющие управленческие и педагогические подходы. Их грамотное применение позволяет создать эффективную, гибкую и ориентированную на развитие систему управления школой.

Цель статьи – раскрыть потенциал педагогических средств в повышении качества управления общеобразовательной школой, продемонстрировать их практическую значимость и предложить конкретные механизмы внедрения.

Актуальность темы обусловлена необходимостью соответствовать требованиям ФГОС, повышать эффективность работы педагогического коллектива, создавать благоприятную образовательную среду и отвечать на растущие запросы родителей и общества к качеству образования.

Педагогические средства в менеджменте представляют собой совокупность методов, технологий, инструментов и ресурсов, используемых для организации, координации и совершенствования образовательного процесса и управления им. Эти средства не существуют изолированно – они взаимосвязаны и дополняют друг друга, формируя целостную систему управления школой.

Можно выделить несколько групп педагогических средств, каждая из которых выполняет свою функцию в управленческом процессе. Организационно-педагогические средства обеспечивают структурированность и упорядоченность деятельности: это планы и программы развития школы, должностные инструкции, регламенты работы методических объединений, графики аттестации педагогов и системы мониторинга качества образования [1, с. 105]. Психолого-педагогические средства направлены на создание благоприятного психологического климата и развитие межличностных отношений – сюда входят методы мотивации и стимулирования педагогов и обучающихся, технологии командообразования, тренинги личностного роста, способы разрешения конфликтов и методики психологической поддержки. Дидактические средства способствуют повышению качества обучения: методические пособия и рекомендации, инновационные педагогические технологии, дидактические материалы, а также программы повышения квалификации помогают совершенствовать профессиональное мастерство педагогов.

Наконец, информационно-педагогические средства открывают новые возможности за счёт цифровизации: электронные журналы и дневники, системы управления обучением (LMS), цифровые образовательные ресурсы, платформы для дистанционного обучения и инструменты аналитики данных позволяют оптимизировать многие процессы и сделать управление более прозрачным и оперативным [2, с. 17].

Применение педагогических средств в менеджменте школы оказывает комплексное воздействие на все аспекты управленческой деятельности. Благодаря использованию SMART-технологии и проектного подхода планирование становится более чётким: цели формулируются конкретно, становятся измеримыми и достижимыми. Чёткие регламенты и должностные инструкции оптимизируют организационную структуру, исключая дублирование функций и чётко распределяя зоны ответственности между сотрудниками.

Сочетание материальных и нематериальных стимулов – таких как грамоты, конкурсы профессионального мастерства и возможности карьерного роста – существенно повышает вовлечённость педагогов в рабочий процесс [3, с. 37]. Внедрение цифровых платформ и организация регулярных совещаний улучшают коммуникацию внутри коллектива: информация становится более прозрачной, а обратная связь – оперативной.

Регулярное повышение квалификации, работа методических объединений и система наставничества способствуют непрерывному развитию профессиональных компетенций педагогов. А системы мониторинга и оценки, включая внутреннюю оценку качества образования, ВПР, ОГЭ и ЕГЭ, позволяют своевременно выявлять проблемные зоны и корректировать работу школы [4, с. 49].

Для эффективного использования педагогических средств в управлении школой необходим системный подход. Прежде всего, следует провести диагностику текущих управленческих процессов, чтобы выявить «узкие места» – например, низкую мотивацию педагогов, слабую коммуникацию между подразделениями или использование устаревших методик. Одновременно важно оценить уровень цифровой грамотности сотрудников, поскольку это напрямую влияет на успешность внедрения современных инструментов.

На следующем этапе разрабатывается план внедрения, в котором определяются приоритетные направления – например, цифровизация документооборота или развитие корпоративной культуры. Затем подбираются

конкретные педагогические средства: это может быть внедрение LMS-системы для автоматизации отчётности или запуск программы наставничества для поддержки молодых педагогов. При этом важно установить чёткие сроки реализации и назначить ответственных за каждый этап.

Ключевым элементом успеха становится обучение и поддержка участников процесса. Администрация организует семинары и тренинги для педагогов, создаёт рабочую группу по внедрению инноваций и обеспечивает необходимую техническую и методическую помощь [5, с. 25]. Это помогает снизить сопротивление изменениям и повысить готовность коллектива к работе с новыми инструментами.

Наконец, на стадии мониторинга собирается обратная связь от всех участников образовательного процесса, анализируются данные о качестве образования и при необходимости вносятся корректировки в план. Такой цикл – диагностика, планирование, обучение, мониторинг – обеспечивает непрерывное совершенствование системы управления.

Практический опыт показывает, что подобные подходы дают ощутимые результаты. Так, внедрение электронного журнала сократило время на отчётность на 30%, освободив учителям ресурсы для творческой работы с учениками [6, с. 23]. Программа наставничества, в рамках которой опытные педагоги курируют молодых специалистов, позволила снизить текучесть кадров на 20% [6, с. 24]. А реализация междисциплинарного проекта «Экологическая тропа» не только объединила учителей разных предметов, но и повысила их вовлечённость в жизнь школы.

Оценить результативность внедрения педагогических средств можно по ряду объективных показателей. Прежде всего, это динамика успеваемости и качества знаний обучающихся, отражающая прямое влияние управленческих решений на образовательный процесс. Не менее важна удовлетворённость педагогов и родителей, которую можно измерить с помощью анонимного анкетирования: позитивные отзывы свидетельствуют о создании комфортной среды и прозрачности управления [5, с. 18]. Рост числа педагогов, участвующих в конкурсах профессионального мастерства, говорит о повышении их мотивации и профессионального уровня. Снижение количества конфликтных ситуаций в коллективе указывает на улучшение психологического климата, а улучшение показателей внешней оценки – результатов ГИА, участия в олимпиадах и конкурсах – подтверждает соответствие школы современным образовательным стандартам.

Таким образом, педагогические средства представляют собой мощный инструмент повышения качества управления в общеобразовательной школе. Их системное применение позволяет выстроить прозрачную и гибкую систему управления, повысить мотивацию и профессионализм педагогов, улучшить образовательные результаты обучающихся и адаптировать школу к современным вызовам.

Успех зависит от нескольких ключевых условий. Во-первых, необходим комплексный подход: отдельные инструменты работают эффективнее, когда они взаимосвязаны и поддерживают друг друга. Во-вторых, критически важна вовлечённость всего коллектива – от администрации до технического персонала. В-третьих, регулярный мониторинг и корректировка процессов помогают своевременно реагировать на изменения и устранять возникающие проблемы. И, наконец, опора на нормативно-правовую базу и современные образовательные стандарты обеспечивает легитимность и устойчивость внедряемых решений.

Внедрение педагогических средств в менеджмент школы – это не разовое мероприятие, а непрерывный процесс, требующий стратегического видения и готовности к инновациям. Инвестиции в этот процесс окупаются повышением качества образования и укреплением репутации учреждения, что в конечном счёте служит интересам всех участников образовательного процесса.

Список литературы

1. Воробьева С. В. Управление образовательными системами: Учебник и практикум / С. В. Воробьева. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 491 с. – (Образовательный процесс).
2. Камынина Л. В. Нормативно-правовые документы, регулирующие современную систему инклюзивного среднего профессионального образования в РФ / Л. В. Камынина // Инклюзивное образование: теория и практика : Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Орехово-Зуево, 15 июня 2018 года / Отв. ред. О.С. Мишина, О.С. Кузьмина, Т.В. Тимохина, Г.А. Романова. – Орехово-Зуево: Государственный гуманитарно-технологический университет, 2018. – С. 17–23.
3. Проказова О. Г. Модель эффективной мотивации школьников к выбору профилей обучения: учебно-методическое пособие / О.Г. Проказова, И.С. Бубнова, В.В. Гайдукова. – Краснодар: ГБОУ ИРО Краснодарского края, 2025. – 163 с.

4. Рыхтикова Н. А. Направления и структурные составляющие цифровой трансформации высшего образования / Н.А. Рыхтикова // Теоретические и практические аспекты педагогики и психологии: Монография – Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2026. – С. 43–49.

5. Князева В. В. Преодоление профессиональных барьеров руководителя в развитии государственно-общественного управления школой: от декларации к практике / В.В. Князева, А.В. Вольтов // Академический вестник. Вестник Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования. – 2023. – № 3(61). – С. 17–25.

6. Ситаров В. А. Педагогический менеджмент как теория и практика управления образовательным процессом / В.А. Ситаров // Знание. Понимание. Умение. – 2014. – № 3. – С. 18–24.

© Покутная А.Р., 2026

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПРОВИЗАЦИИ В ОБУЧЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ ХОРЕОГРАФИИ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Бурдина Алена Максимовна

педагог дополнительного образования
МБУ ДО «Центр эстетического воспитания
"Песнохорки"», г. Барнаул

Аннотация: В статье рассматриваются особенности применения импровизации в процессе обучения современной хореографии детей младшего школьного возраста в условиях реализации в учреждении дополнительного образования. Обосновывается педагогическая значимость импровизационной деятельности как средства развития творческого мышления, двигательной выразительности, самостоятельности и эмоциональной отзывчивости обучающихся. Представлены основные подходы к организации импровизационных заданий на занятиях современной хореографией, раскрываются их возможности в формировании художественно-творческих способностей детей. Особое внимание уделено практическому опыту использования импровизации в образовательном процессе хореографического коллектива, а также условиям, способствующим повышению эффективности обучения посредством творческой двигательной деятельности.

Ключевые слова: современная хореография, импровизация, дополнительное образование, младший школьный возраст, творческие способности, художественно-эстетическое воспитание, танцевальная деятельность.

THE USE OF IMPROVISATION IN TEACHING CONTEMPORARY DANCE TO PRIMARY SCHOOL CHILDREN

Burdina Alena Maksimovna

Abstract: The article examines the use of improvisation in teaching contemporary dance to primary school children in supplementary education. The pedagogical value of improvisation as a means of developing creative thinking, movement expressiveness, independence, and emotional responsiveness is substantiated. The paper presents approaches to organizing improvisational tasks in

dance classes and reveals their role in fostering children's artistic and creative abilities. Particular attention is paid to practical experience in implementing improvisation within the educational process of a children's dance group and to the pedagogical conditions that contribute to improving the effectiveness of contemporary dance education through creative movement.

Key words: contemporary dance, improvisation, supplementary education, primary school children, creativity, artistic education, dance activity.

Введение

Современная система дополнительного образования ориентирована не только на формирование предметных знаний и практических умений обучающихся, но и на комплексное развитие личности с акцентом на самореализацию, социализацию и подготовку к жизни в обществе. В условиях стремительного обновления образовательных подходов особую актуальность приобретают методы обучения, позволяющие каждому ребенку проявить индивидуальность, раскрыть собственные возможности и приобрести опыт творческого самовыражения [6, с. 18–24].

Современная хореография как направление художественного образования обладает значительным воспитательным и развивающим потенциалом. В отличие от традиционных форм обучение танцу она предполагает развитие пластического мышления, эмоциональной выразительности, способности осмысленно использовать движение как средство художественной коммуникации. Именно поэтому занятия современной хореографией все чаще рассматриваются педагогами как пространство для творческого поиска, в котором ребенок становится активным участником образовательного процесса [2, с. 15; 3, с. 22].

Одним из наиболее эффективных средств развития творческой активности обучающихся выступает импровизация. Ее использование позволяет отказаться от исключительно репродуктивного освоения танцевального материала и перейти к созданию условий, в которых дети самостоятельно исследуют возможности собственного тела. Также дети учатся взаимодействовать с музыкальным материалом и пространством, выражают эмоциональное состояние посредством движения. Импровизация способствует развитию не только исполнительских навыков, но и воображения, образного мышления, уверенности в собственных возможностях и коммуникативных качеств личности. Особое значение импровизационная деятельность

приобретает в работе с детьми младшего школьного возраста. Именно в этот период активно формируются творческое мышление, эмоциональная сфера, способность к рефлексии и произвольному управлению собственной деятельностью. Вместе с тем многие обучающиеся испытывают затруднения при необходимости самостоятельно принимать решения, создавать новые двигательные комбинации и проявлять инициативу в процессе исполнения танца. Это обуславливает необходимость поиска педагогических технологий, способствующих развитию творческой самостоятельности детей уже на начальном этапе освоения современной хореографии [10, с. 54; 12, с. 36].

Цель настоящей статьи заключается в раскрытии педагогических возможностей использования импровизации в обучении современной хореографии детей младшего школьного возраста, а также в обобщении практического опыта применения импровизационных методов в условиях учреждения дополнительного образования.

Основная часть

В современной педагогике искусства импровизация рассматривается не только как способ создания художественного образа, но и как эффективная образовательная технология, ориентированная на развитие личности обучающегося. В хореографическом искусстве она представляет собой процесс создания движения непосредственно в момент исполнения, основанный на индивидуальном опыте исполнителя, его эмоциональном состоянии, музыкальном восприятии и творческом воображении. В отличие от заучивания готовых танцевальных комбинаций импровизация предполагает активную познавательную деятельность ребенка. Выполняя импровизационные задания, обучающийся анализирует музыкальный материал, самостоятельно выбирает способы двигательного выражения художественного образа, оценивает результат собственных действий и при необходимости изменяет их в процессе исполнения. Таким образом, ребенок становится не пассивным исполнителем, а полноценным субъектом творческой деятельности.

Педагогическая ценность импровизации заключается в ее комплексном воздействии на развитие личности. Она способствует формированию двигательной культуры, координации, чувства ритма и музыкальности, одновременно развивая воображение, креативное мышление, эмоциональный интеллект и навыки художественной коммуникации. Регулярное использование импровизационных упражнений позволяет создать благоприятную образовательную среду, в которой каждый ребенок ощущает возможность

свободного творческого поиска без страха совершить ошибку [10, с. 54; 12, с. 36].

Кроме того, импровизация отвечает современным требованиям личностно ориентированного образования. В процессе творческого поиска педагог не предлагает единственно правильного способа выполнения задания, а организует ситуацию, в которой каждый обучающийся находит собственное пластическое решение. Такой подход способствует развитию самостоятельности, ответственности за принимаемые решения и устойчивой внутренней мотивации к занятиям хореографией. Одним из важных преимуществ импровизации является возможность учитывать индивидуальные особенности детей. Даже обучающиеся с различным уровнем физической подготовки получают возможность успешно выполнять творческие задания, поскольку основным критерием оценки становится не сложность движения, а его выразительность, осмысленность и соответствие художественному замыслу.

Младший школьный возраст является важным этапом становления личности ребенка. В этот период активно развиваются познавательные процессы, воображение, эмоциональная сфера и способность к самостоятельной деятельности. Вместе с тем дети 7–10 лет сохраняют высокую потребность в игре, эмоциональном взаимодействии и творческом самовыражении. Эти особенности необходимо учитывать при организации занятий современной хореографией [5, с. 167–182].

Традиционная модель обучения танцу часто строится на многократном повторении и отработке движений, что способствует формированию технических навыков, однако при длительном использовании может снижать интерес детей к занятиям. Однообразие упражнений, постоянный контроль правильности исполнения и ориентация исключительно на точное воспроизведение материала ограничивают возможности проявления инициативы обучающихся [1, с. 38–44].

Современные педагогические подходы предполагают переход от репродуктивной модели обучения к деятельностной, в которой ребенок становится активным участником образовательного процесса. В этом случае педагог выступает не только носителем знаний, но и организатором условий для творческого поиска, помогая обучающимся самостоятельно открывать новые способы движения и художественного выражения. Импровизация соответствует психологическим особенностям младших школьников,

поскольку позволяет объединить игру, движение и эмоциональное переживание. Создавая собственные пластические решения, дети легче воспринимают учебный материал, проявляют большую заинтересованность в выполнении заданий и приобретают положительный опыт творческой деятельности [3, с. 74–80].

Следует отметить, что импровизация не заменяет изучение техники современной хореографии. Напротив, она становится эффективным средством закрепления полученных двигательных навыков. Освоенные элементы начинают использоваться детьми осознанно в зависимости от характера музыкального сопровождения, художественного образа и поставленной творческой задачи.

Практика показывает, что эффективность импровизационной деятельности во многом определяется тем, насколько грамотно организован образовательный процесс. Предоставление полной свободы движения без предварительной подготовки нередко вызывает у детей чувство неуверенности и затруднения при выполнении задания. Поэтому организация импровизации требует последовательного педагогического сопровождения.

Одним из основных условий является создание психологически комфортной образовательной среды. Ребенок должен понимать, что в процессе выполнения творческого задания отсутствует единственно правильный вариант исполнения. Поддержка педагога, доброжелательная атмосфера и положительное отношение к любым попыткам творческого поиска способствуют снижению эмоционального напряжения и формированию уверенности в собственных возможностях. Не менее важным условием является постепенное усложнение импровизационных заданий. На начальном этапе целесообразно использовать упражнения, основанные на простых образах и понятных жизненных ситуациях. Например, детям предлагается передать движение дождя, ветра, полет птицы, настроение сказочного героя или характер определенного музыкального произведения. Подобные задания помогают преодолеть страх свободного движения и постепенно формируют навыки самостоятельного пластического мышления. По мере накопления двигательного опыта задания становятся более сложными. Обучающимся предлагается самостоятельно комбинировать изученные элементы современной хореографии, изменять направления движения, уровни, темп исполнения, взаимодействовать с партнером или группой. Таким образом, происходит постепенный переход от образной импровизации к осознанному построению танцевальной композиции.

Особое внимание следует уделять музыкальному сопровождению. Музыка становится своеобразным партнером ребенка, определяя эмоциональное содержание движения. Использование произведений различных жанров, темпов и динамических оттенков позволяет расширить диапазон выразительных средств и формирует способность воспринимать музыкальный материал как источник художественного образа. Еще одним важным педагогическим условием является систематичность. Эпизодическое включение импровизационных упражнений не позволяет сформировать устойчивые творческие навыки. Наиболее заметные результаты достигаются при регулярном использовании элементов импровизации на каждом этапе занятия: во время разминки, изучения нового материала, закрепления техники и творческих этюдов.

Практическая работа по использованию импровизации проводилась в условиях Муниципального бюджетного учреждения дополнительного образования «Центр эстетического воспитания "Песнохорки"» в объединении современной хореографии «Орбита» с детьми младшего школьного возраста.

В процессе организации занятий была поставлена задача не только сформировать у обучающихся базовые исполнительские навыки, но и создать условия для развития творческой инициативы, образного мышления и способности самостоятельно использовать изученный танцевальный материал. При разработке структуры занятий особое внимание уделялось органичному сочетанию технической подготовки и творческой деятельности. Импровизация не выделялась в самостоятельный блок, а становилась естественной частью каждого этапа образовательного процесса. Такой подход позволил избежать противопоставления технического обучения и творческого самовыражения.

Практический опыт показал, что наиболее эффективной является следующая последовательность организации занятия.

Таблица 1

Использование импровизации на различных этапах занятия по современной хореографии

Этап занятия	Содержание деятельности	Роль импровизации
Разминка	Подготовка мышечного аппарата, развитие мобильности и координации	Выполнение свободных пластических движений под музыкальное сопровождение
Основная часть	Освоение новых элементов современной хореографии	Самостоятельное комбинирование изученных движений

Продолжение таблицы 1

Творческий блок	Выполнение индивидуальных и групповых этюдов	Создание собственного пластического образа
Заключительная часть	Рефлексия, обсуждение выполненной работы	Анализ выразительности движений и обмен впечатлениями

Представленная структура показала высокую эффективность при работе с детьми младшего школьного возраста. Включение небольших импровизационных заданий в каждый этап занятия способствовало сохранению интереса обучающихся, повышению их активности и более осознанному освоению танцевального материала. Особенно положительные результаты наблюдались при использовании сюжетных импровизаций. Детям предлагалось не просто выполнить движение, а создать небольшой пластический рассказ, передающий определенное настроение, характер персонажа или явление природы. Такие задания способствовали развитию эмоциональной выразительности и позволяли каждому ребенку проявить индивидуальность независимо от уровня технической подготовки.

Педагогическое наблюдение, проводимое в ходе реализации разработанной системы занятий, позволило сделать вывод о положительном влиянии импровизации на развитие обучающихся младшего школьного возраста. Анализ результатов осуществлялся посредством систематического наблюдения за деятельностью детей на занятиях, анализа выполнения творческих заданий, а также оценки динамики их двигательной и эмоциональной активности. На начальном этапе многие обучающиеся испытывали затруднения при выполнении импровизационных упражнений. Наиболее распространенными трудностями являлись скованность движений, страх совершить ошибку, стремление повторять действия педагога или других участников группы. Подобные проявления объясняются недостаточным опытом самостоятельной творческой деятельности и преобладанием установки на выполнение «правильного» движения. По мере систематического включения импровизационных заданий в структуру занятия характер деятельности детей постепенно изменялся. Обучающиеся стали увереннее использовать изученные элементы современной хореографии в собственных двигательных композициях, активнее проявлять инициативу, самостоятельно предлагать варианты выполнения заданий и проявлять интерес к поиску новых пластических решений. Особенно заметные изменения наблюдались в развитии

эмоциональной выразительности. Если первоначально большинство детей концентрировалось преимущественно на техническом выполнении движения, то впоследствии они стали уделять больше внимания передаче характера музыки, настроения и художественного образа. Движение перестало восприниматься исключительно как физическое действие и приобрело для обучающихся выразительное содержание.

Следует отметить, что использование импровизации положительно сказалось и на психологическом климате внутри коллектива. Совместное выполнение творческих заданий способствовало развитию коммуникативных навыков, формированию доверительных отношений между детьми, умению слышать партнера и принимать различные способы художественного самовыражения.

Положительная динамика наблюдалась также в отношении мотивации к занятиям современной хореографией. У детей повысилась заинтересованность образовательным процессом, увеличилась активность при выполнении творческих заданий, снизился страх публичного выступления. Многие обучающиеся стали проявлять инициативу при создании собственных танцевальных этюдов, предлагать музыкальный материал и самостоятельно искать новые способы пластического выражения художественного образа.

Полученные результаты подтверждают, что импровизация может рассматриваться не только как отдельный метод обучения, но и как эффективное средство формирования творческой личности ребенка в условиях дополнительного образования. Опыт практической работы позволил определить ряд методических рекомендаций, способствующих успешному использованию импровизации в процессе обучения современной хореографии. Во-первых, не следует требовать от детей создания сложных танцевальных композиций на первых этапах обучения. Гораздо эффективнее начинать с небольших творческих заданий продолжительностью 30–60 секунд, постепенно увеличивая их объем и степень самостоятельности. Во-вторых, важно учитывать индивидуальные особенности каждого ребенка. Некоторые обучающиеся быстро включаются в импровизационную деятельность, другие нуждаются в более длительной психологической адаптации. В подобных случаях целесообразно использовать парную или групповую импровизацию, позволяющую снизить эмоциональное напряжение. В-третьих, рекомендуется использовать разнообразные стимулы для возникновения движения. Помимо музыкального сопровождения эффективными являются словесные образы,

фотографии, картины, литературные произведения, природные явления, предметы и игровые ситуации. Чем богаче эмоциональная основа задания, тем разнообразнее становятся двигательные решения детей.

Особое внимание следует уделять обратной связи после выполнения задания. Анализируя результаты работы, педагог должен акцентировать внимание не на технических недостатках исполнения, а на удачных находках, оригинальности замысла и эмоциональной выразительности. Подобный подход способствует развитию внутренней мотивации и формированию уверенности обучающихся в собственных творческих возможностях. Не менее важным условием является личная готовность педагога к импровизации. Современный преподаватель хореографии должен не только владеть исполнительским мастерством, но и уметь самостоятельно создавать творческие ситуации, быстро адаптировать содержание занятия к эмоциональному состоянию группы, поддерживать инициативу детей и выступать партнером в процессе художественного поиска.

Таким образом, эффективность использования импровизации определяется не количеством творческих заданий, а качеством их педагогической организации, последовательностью применения и общей направленностью образовательного процесса на развитие личности ребенка.

Заключение

Современная система дополнительного образования ориентирована на создание условий для всестороннего развития личности ребенка, формирования его творческого потенциала и способности к самостоятельной художественной деятельности. В этой связи импровизация становится одним из наиболее перспективных средств обучения современной хореографии, позволяющим объединить техническую подготовку с развитием креативности, эмоциональной выразительности и самостоятельности обучающихся.

Проведенный анализ научно-педагогической литературы и обобщение собственного практического опыта позволили установить, что систематическое использование импровизационных методов способствует повышению эффективности образовательного процесса. Импровизация помогает детям младшего школьного возраста преодолеть страх творческого самовыражения, развивает образное мышление, пластическую выразительность, музыкальность и способность самостоятельно принимать художественные решения.

Практическая работа, осуществляемая в МБУ ДО «Центр эстетического воспитания "Песнохорки"», показала, что включение импровизации в структуру

каждого занятия создает благоприятные условия для формирования устойчивого интереса к современной хореографии. Обучающиеся становятся более активными участниками образовательного процесса, проявляют инициативу, легче взаимодействуют друг с другом и приобретают опыт самостоятельного творческого поиска.

Представленный опыт подтверждает, что импровизация является не вспомогательным элементом обучения, а важной педагогической технологией, обеспечивающей комплексное развитие личности ребенка средствами современного танца. Ее дальнейшее внедрение в практику дополнительного образования открывает новые возможности для совершенствования методики преподавания современной хореографии и повышения качества художественно-эстетического воспитания детей.

Список литературы

1. Никитин В. Ю. Композиция урока и методика преподавания модерн-джаз танца. – Москва: Один из лучших, 2006. – 254 с.
2. Никитин В. Ю. Модерн-джаз танец. Начало обучения. – Москва: ВЦХТ, 1998. – 160 с.
3. Никитин В. Ю. Модерн-джаз танец. Продолжение обучения. – Москва: ВЦХТ, 2001. – 168 с.
4. Захаров Р. В. Слово о танце. – Москва: Молодая гвардия, 1989. – 238 с.
5. Абрамова Г. С. Возрастная психология. – Москва: Академический проект, 2020. – 496 с.
6. Андреев В. И. Педагогика: учебный курс для творческого саморазвития. – Казань: Центр инновационных технологий, 2012. – 608 с.
7. Антипин В. В. Современная хореография в подготовке артистов балета: особенности организации и проведения занятий // Вестник Академии русского балета им. А. Я. Вагановой. – 2021. – № 3 (74). – С. 84–95.
8. Савостьянова Ю. С. Импровизация в хореографических VR-экспериментах // Вестник Академии русского балета им. А. Я. Вагановой. – 2022. – № 6 (83). – С. 118–127.
9. Хабарова Т. А. Современная хореография как универсальное средство формирования креативной личности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. – 2023. – № 90. – С. 94–100.

10. Махортова Е. А. Понятие «импровизация» и его роль в современном хореографическом искусстве // Флагман науки. – 2025. – № 2 (25). – С. 52–58.

11. Мамед-Заде Н. Ф. Современные тенденции в хореографии: импровизация и цифровые технологии // Культура и образование. – 2025. – № 2 (57). – С. 87–93.

12. Шерегова В. А., Бакланова О. А., Галимова К. Т. Проблемы и способы развития импровизации в современном танце // Евразийский союз ученых. – 2021. – № 1 (82). – С. 35–41.

© Бурдина А.М.

**СЕКЦИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Аббуд Хасан Юсеф

аспирант

Горелова Виктория Владимировна

студент

Научный руководитель: **Захарова Светлана Германовна**

к.э.н., доцент

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Аннотация: В статье рассматривается качество жизни студентов в условиях социально-экономической турбулентности. Особое внимание уделяется тому, как молодёжь воспринимает изменения, происходящие в основных сферах повседневной жизни: образовании, занятости, доходах, жилищных условиях, социальной инфраструктуре, экологии и безопасности. На основе экспертной оценки факторов качества жизни за 2024 и 2025 годы выявлены как положительные тенденции, так и наиболее проблемные зоны. Результаты исследования показывают, что, несмотря на улучшения в развитии инфраструктуры, социальных услуг, экологической среды и возможностей личностного роста, студенты по-прежнему остро ощущают проблемы, связанные с доходами, доступностью жилья, состоянием дорожного хозяйства и демографической ситуацией. Сделан вывод о необходимости регулярного мониторинга качества жизни студентов и разработки управленческих решений, ориентированных на повышение устойчивости социально-экономического развития и создание более благоприятных условий для молодёжи.

Ключевые слова: качество жизни, студенты, турбулентность, качество жизни населения, социально-экономические условия, экспертная оценка, молодёжь, управление.

QUALITY OF LIFE OF STUDENTS IN CONDITIONS OF TURBULENCE

Abboud Hassan Youssef

Gorelova Viktoria Vladimirovna

Scientific advisor: **Zakharova Svetlana Germanovna**

Abstract: The article examines the quality of life of students in the context of socio-economic turbulence. Special attention is paid to how young people perceive changes taking place in the main areas of everyday life, including education, employment, income, housing conditions, social infrastructure, ecology and safety. Based on an expert assessment of quality-of-life factors for 2024 and 2025, the study identifies both positive trends and the most sensitive problem areas. The results show that, despite improvements in infrastructure, social services, the environmental situation and opportunities for personal development, students still face serious concerns related to income, housing affordability, road infrastructure and demographic conditions. The article concludes that regular monitoring of students' quality of life is necessary in order to develop managerial decisions aimed at strengthening socio-economic stability and creating more favorable conditions for young people.

Keywords: quality of life, students, turbulence, quality of life of the population, socio-economic conditions, expert assessment, youth, management.

Качество жизни населения (КЖН) является одной из центральных междисциплинарных категорий в социальных, экономических и управленческих науках. В условиях трансформации экономических систем, геополитических вызовов и возрастающих требований к человеческому капиталу системный мониторинг и оценка качества жизни населения становятся критически важными для разработки эффективной государственной и региональной политики. КЖН выступает не только индикатором успешности социально-экономического курса, но и фундаментальной целью развития любого общества.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью оперативного анализа изменений в восприятии ключевых условий жизни, особенно в краткосрочной динамике.

Представленные данные за 2024 и 2025 годы позволяют выявить «болевые точки» и точки роста в современных условиях, что имеет высокую практическую значимость для органов управления различного уровня.

Теоретические основы понятия «качество жизни населения»

Понятие КЖН эволюционировало от только экономических трактовок, связанных с уровнем жизни и доходами, до комплексных, многомерных определений. Согласно теории А. Маслоу, качество жизни можно рассматривать как процесс непрерывного удовлетворения иерархии

потребностей: от базовых физиологических до потребностей в самореализации. Это задает начало понимания КЖН, где ключевым является степень реализации человеческого потенциала [1, 7].

В экономическом дискурсе закрепилось широкое определение, согласно которому КЖН — это обобщающая социально-экономическая категория, включающая не только уровень потребления материальных благ и услуг, но и удовлетворение духовных потребностей, здоровье, продолжительность жизни, состояние окружающей среды, морально-психологический климат и душевный комфорт. Данный подход интегрирует объективные и субъективные аспекты благополучия.

Р. Фатхутдинов делает акцент на роли институтов, определяя КЖН как конечный результат работы власти, который зависит от эффективности законов и стратегий развития общества, с одной стороны, и от степени удовлетворения многообразных потребностей человека – с другой. Этот взгляд подчеркивает ответственность управленческих структур за создание условий для достойной жизни [1].

Близкую позицию занимают В.П. Бабинцев и А.А. Гармашев, рассматривающие КЖН как степень удовлетворения жизненных потребностей наличными ресурсами в сопоставлении с минимальными социальными стандартами. Это вводит важный нормативный компонент – соответствие жизни общественно признанным гарантиям [1].

Наиболее структурированный подход предложен С.А. Айвазяном, который выделяет четыре ключевых блока: качество населения (здоровье, образование, культура); благосостояние (доходы, имущество, инфраструктура); качество социальной сферы (условия труда, безопасность, социальная мобильность); качество экологической ниши. Данная модель служит эффективным началом для комплексной оценки [1].

В современном международном контексте, как отмечает И.Г. Фюттик, термин «качество жизни», применяемый ООН и ВОЗ, охватывает физическое, социальное, эмоциональное и психологическое здоровье и используется для сравнений между странами по широкому спектру параметров: здравоохранение, образование, экология, занятость, права человека [2].

О.А. Малахова и Л.П. Гниломедова уточняют соотношение понятий, рассматривая «уровень жизни» как составную часть более широкого «качества жизни». Они детализируют компоненты уровня жизни (реальные доходы, структура потребления, жилищные условия, доступность услуг), подчеркивая

их материальную основу, которая, в свою очередь, является фундаментом для более высоких аспектов качества жизни [3].

В данном исследовании понятие «качество жизни населения» рассматривается как степень соответствия ожиданий людей по основным показателям, полученные в текущем году по сравнению с предыдущим [4].

Таким образом, современное понимание КЖН представляет собой синтез экономического благосостояния, социального благополучия, экологической безопасности, личностного развития и эффективности институтов. Представленное исследование проведено по авторской методике Захаровой С.Г. [5] и охватывает 20 факторов по четырем группам субъектов. Методика соответствует комплексному анализу основной парадигмы. Всего в исследовании участвовало 1328 человек различных социальных групп. Респондентам предлагалось оценить изменение показателей, произошедшие за 2025 год, по сравнению с предыдущим, 2024 годом, при этом показатели базового года были условно оценены в 5 баллов. Таким образом, показатели, превышающие 5 баллов, показывают положительную динамику, а ниже этого значения – отрицательную. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

Для более наглядного сопоставления результатов за 2024 и 2025 годы данные представлены на рисунке 1 в виде боковой столбчатой диаграммы. Поскольку показатели 2024 года приняты за условный базовый уровень и оценены в 5 баллов, отклонения значений за 2025 год позволяют определить положительную или отрицательную динамику по каждому компоненту качества жизни студентов.

Как видно из рисунка 1, в 2025 году наиболее высокие оценки получили такие компоненты, как инфраструктура (6,12), экология и окружающая среда (6,11), всестороннее развитие личности (5,99), торговля и бытовое обслуживание (5,94), здоровый образ жизни (5,85), занятость населения (5,78), безопасность (5,59) и обеспеченность социальными услугами (5,56). Это свидетельствует о положительном восприятии студентами изменений в сферах, связанных с условиями повседневной жизни, развитием личности, состоянием окружающей среды и доступностью ряда общественных услуг.

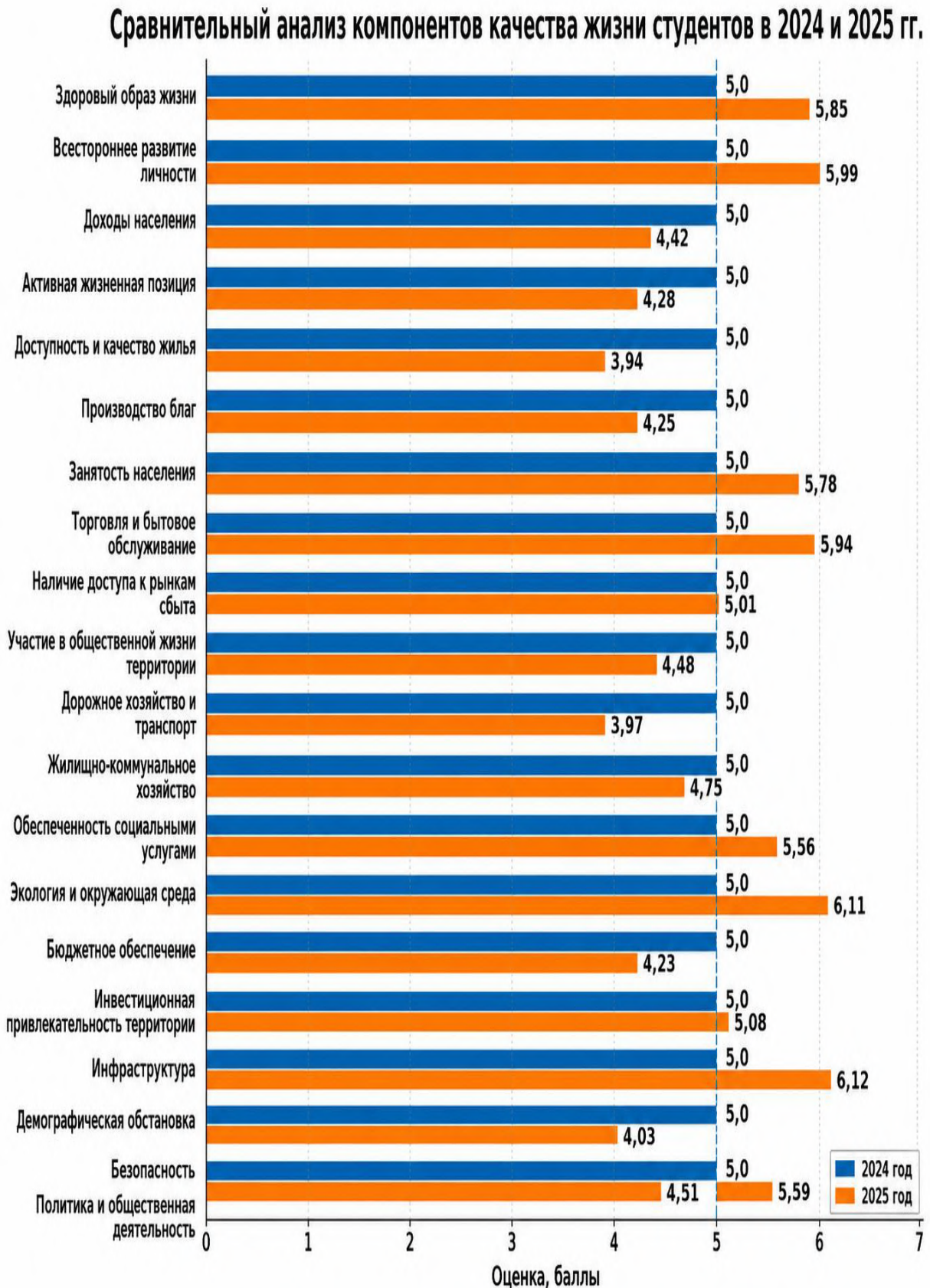


Рис. 1. Сравнительный анализ компонентов качества жизни студентов в 2024 и 2025 г.

В то же время по ряду показателей наблюдается отрицательная динамика по сравнению с 2024 годом. Наиболее низкие оценки получили доступность и качество жилья (3,94), дорожное хозяйство и транспорт (3,97), демографическая обстановка (4,03), бюджетное обеспечение (4,23), производство благ (4,25), активная жизненная позиция (4,28) и доходы населения (4,42). Это указывает на сохранение значимых социально-экономических проблем, которые непосредственно влияют на качество жизни студентов и формируют ощущение нестабильности в условиях турбулентности.

Таким образом, сравнительный анализ показывает, что в 2025 году в оценках студентов сочетаются положительные изменения в развитии инфраструктуры, экологии и социальных услуг с сохраняющимися трудностями в материальной сфере, жилищных условиях, транспортной инфраструктуре и демографической ситуации.

Полученные результаты подтверждают тезис О.А. Малаховой о зависимости качества жизни от материального положения и жилищных условий, а также указывают на актуальность подхода С.А. Айвазяна, подчеркивающего необходимость баланса между качеством населения, благосостоянием, социальной сферой и экологической средой. На основе оценки качества жизни населения конкретной территории можно составить программы её развития, направленные на конкретную социальную группу, и оценить результат управляющего воздействия [8].

Заключение

Качество жизни населения в 2025 году по сравнению с условным базовым 2024 годом демонстрирует дифференцированную динамику. Значительный прогресс в сферах экологии, инфраструктуры, социальных услуг и человеческого капитала соседствует с глубоким регрессом в вопросах доходов, жилья, дорожной инфраструктуры и демографии.

Наиболее проблемными зонами, требующими немедленного внимания, являются: доходы и доступность жилья для населения; состояние дорожно-транспортного комплекса на местном уровне; демографическая ситуация.

Роль различных факторов неоднородна. Государственные органы власти добились заметных успехов в инфраструктуре и безопасности, но не смогли предотвратить ухудшение демографических и социально-экономических показателей. Бизнес обеспечил занятость и потребительский рынок, но не стимулировал производство и социальную ответственность. Местное

самоуправление показало крайнюю неэффективность в решении инфраструктурных (дороги) и бюджетных вопросов.

Экспертная оценка свидетельствует о рассогласовании между успехами и ухудшением условий повседневной жизни для населения в ключевых материальных аспектах. Это создает риски для социальной стабильности и долгосрочного развития человеческого капитала.

Для устойчивого повышения качества жизни населения необходима скоординированная политика, одновременно направленная на: повышение реальных доходов и решение жилищной проблемы; модернизацию локальной инфраструктуры (дороги, ЖКХ) при укреплении финансовой базы муниципалитетов; стимулирование демографической активности и гражданского участия; поддержку реального сектора экономики и его социальной интеграции.

Таким образом, исследование подтверждает комплексный характер КЖН и необходимость его мониторинга по широкому спектру факторов для принятия обоснованных управленческих решений.

Список литературы

1. Кокорина А. А. Качество жизни населения региона: методика оценки и мониторинг состояния : монография / А. А. Кокорина. — Улан-Удэ : ВСГУТУ, 2016. — 144 с. — ISBN 978-5-89230-479-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/236552> (дата обращения 22.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Фюттик И. Г. Экономика труда : учебное пособие / И. Г. Фюттик. — Новосибирск : Сибирский государственный университет водного транспорта, 2023. — 402 с. — ISBN 978-5-8119-0958-2. — EDN ZMYQIE.
3. Малахова О. А. Экология человека : учебное пособие / О. А. Малахова, Л. П. Гниломедова. — Самара : СамГАУ, 2024. — 123 с. — ISBN 978-5-88575-761-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/440261> (дата обращения 22.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Захарова С. Г. Государственное и муниципальное администрирование : учебник / С. Г. Захарова, Н. С. Соменкова. — 3-е издание, переработанное и дополненное. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 266 с. — ISBN 978-5-534-20071-3. — EDN XBXRNT.

5. Захарова С. Г. Методики оценки качества жизни: опыт России / С. Г. Захарова, Л. П. Зенькова, С. Н. Яшин // Потребительская кооперация. – 2024. – № 4 (87). – С. 32–40. – EDN PETHJE.

6. Пастухова Е. Я. Социология труда : учебно-методическое пособие / Е. Я. Пастухова, Е. А. Морозова. — Кемерово : КемГУ, 2023. — 107 с. — ISBN 978-5-8353-3103-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/392183> (дата обращения 22.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Карамнова Н. В. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности государственных служащих : учебное пособие / Н. В. Карамнова, В. М. Белоусов. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2020. — 175 с. — ISBN 978-5-94664-457-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/253547> (дата обращения 22.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Захарова С. Г. Условия создания благоприятной экономической среды развития сельских территорий / С. Г. Захарова, Д. С. Жидкова // Актуальные проблемы управления : Сборник научных статей по итогам XI Всероссийской научно-практической конференции, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 22 октября 2024 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2025. – С. 311–318. – EDN EIPUUZ.

© Аббуд Хасан Юсеф, Горелова В.В.

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Федорова Елизавета Сергеевна

Печенин Дмитрий Сергеевич

магистранты

Научный руководитель: **Бойкова Анна Викторовна**

д.э.н., доцент

ФГБОУ ВО «Тверской

государственный технический университет»

Аннотация: В статье рассматриваются особенности управления активами в строительных организациях, обусловленные высокой капиталоемкостью, длительным операционным циклом строительного производства. Проведен анализ существующих подходов к определению понятия «управление активами», выделены системный, функциональный, стоимостной и инвестиционный подходы. Сделан вывод о том, что эффективность управления активами в строительной отрасли достигается за счет комплексного применения проектно-ориентированных подходов и цифровизации управления на основе BIM-технологий.

Ключевые слова: строительная отрасль; активы предприятия; управление активами; цифровые активы; системный подход, функциональный подход.

FEATURES OF ASSET MANAGEMENT IN CONSTRUCTION ORGANIZATIONS

Fedorova Elizaveta Sergeevna

Pechenin Dmitry Sergeevich

Scientific supervisor: **Boykova Anna Victorovna**

Abstract: The article examines the features of asset management in construction organizations, determined by high capital intensity and the long operational cycle of construction production. The analysis of existing approaches to the definition of «asset management» is carried out, including systemic, functional, value-based and investment approaches. It is concluded that the effectiveness of asset

management in the construction industry is achieved through the integrated application of project-oriented approaches and digitalization of management based on BIM technologies.

Key words: construction industry; enterprise assets; asset management; digital assets; systems approach, functional approach.

Управление активами в строительстве – это стратегический контроль над физическими и оборотными средствами на протяжении всего их жизненного цикла. Отрасль отличается высокой капиталоемкостью, длительным операционным циклом и территориальной удаленностью, что требует баланса между финансовой ликвидностью и поддержанием работоспособности оборудования.

Прежде чем рассмотреть присущие управлению активами в строительных организациях особенности, рассмотрим понятие управление активами.

В источниках управление активами рассматривается как многогранный процесс, объединяющий финансовые, системные и стоимостные подходы. Ниже приведены основные авторские и нормативные трактовки этого понятия.

1. Системный и функциональный подходы. Ряд авторов и стандартов определяют управление активами как непрерывную скоординированную деятельность:

Воробьев Ю.Н. характеризует управление активами как постоянный процесс анализа, прогнозирования, планирования, организации, регулирования и контроля формирования и использования ресурсов предприятия [1];

Бланк И.А. акцентирует внимание на том, что этот процесс заключается в формировании такого объема и состава активов, при котором достигается экономия источников для их приобретения и содержания при условии рационального использования [2];

Поддерегин А.М. понимает под управлением активами (в частности, оборотными) процесс их оптимизации, направленный на достижение непрерывности их оборачиваемости [3];

Национальные и международные стандарты (ГОСТ Р 55.0.00, ISO 55000) определяют управление активами как скоординированную деятельность организации по реализации ценности от активов. Система управления при этом реализует замкнутый цикл: планирование – выполнение – анализ результатов – улучшение.

2. Стоимостной подход (VBM). В рамках концепции управления,

основанного на стоимости (Value-Based Management), активы рассматриваются как фундамент роста благосостояния компании:

Сафронова К.В. и Невежин В.П. указывают, что управление активами – это фактор повышения рыночной стоимости, так как именно активы составляют экономическую основу роста стоимости компании и должны генерировать прибыль [4];

Коптева Е.П. рассматривает управление активами как направление корпоративной финансовой политики, ориентированное на максимизацию рыночной стоимости бизнеса через разработку политик комплексного управления всеми видами активов;

Шевченко А.А. подчеркивает значимость ценностно-ориентированного управления, где активы (особенно в девелопменте) должны подвергаться мониторингу с точки зрения их способности создавать и приращать стоимость [5].

3. Финансовый и инвестиционный подходы. Эти подходы фокусируются на балансе между доходностью и рисками:

Лаврова В.А. сводит управление активами к решению двух основных вопросов: нахождению оптимального уровня инвестиций и определению правильного соотношения источников их финансирования [6];

Щемелева Е.В. предлагает модели управления, основывающиеся на балансовом равенстве и приемлемом соотношении уровня доходности и риска финансовой деятельности;

Маслов А., Фролов К. и Волкова И. расширяют термин, понимая под ним концепцию профессионального управления не только основными фондами, но и информационными потоками, репутацией и имиджем компании. Основная идея здесь – оптимальное распределение ресурсов на протяжении всего жизненного цикла активов [7];

Аббасов Э.У.О. рассматривает управление через призму портфельного подхода, где целью является использование свободных денежных средств для финансовых инвестиций с целью увеличения дохода при контроле рисков.

Таким образом, современные авторы переходят от узкого понимания управления активами как простого учета имущества к комплексному стратегическому менеджменту, направленному на реализацию ценности и рост капитализации организации

Управление активами в строительной отрасли имеет ряд уникальных характеристик, обусловленных технико-экономическими особенностями

производства, длительностью инвестиционного цикла и спецификой конечной продукции.

Ниже представлены ключевые особенности управления активами в данной сфере.

1. Специфика структуры активов:

преобладание оборотных активов: в строительстве оборотные средства часто составляют более 90–99% от общей суммы всех активов организации. Это связано с необходимостью авансирования значительных ресурсов в запасы и незавершенное производство;

высокая доля дебиторской задолженности: в структуре оборотных активов типичным является превалирование дебиторской задолженности (до 3/4 всех текущих активов), что вызвано задержками в расчетах между заказчиками и подрядчиками;

территориальная закреплённость и мобильность: в отличие от промышленности, строительная продукция (здания, сооружения) неподвижна и связана с земельным участком, в то время как орудия труда (машины, рабочие) постоянно перемещаются между объектами.

2. Управление запасами и незавершенным производством:

длительный производственный цикл: процесс создания объекта может длиться несколько лет, в течение которых средства «омертвляются» в форме незавершенного производства;

особенности снабжения: управление запасами часто включает работу с материалами, полученными на давальческой основе от заказчика, что требует особого забалансового учета и контроля;

методы оптимизации: из-за широкой номенклатуры материалов использование стандартного ABC-анализа в строительстве может быть малоэффективным, так как большинство позиций в равной степени важны для прибыли; наиболее адаптированной считается модель Уилсона, позволяющая создавать резервы запасов.

3. Специфика основных средств:

высокая капиталоемкость: для формирования инфраструктуры предприятию требуется значительный стартовый капитал для комплектования парка техники;

лизинг и аренда: одной из отраслевых особенностей является то, что строительные организации часто не владеют всеми необходимыми фондами, а активно используют аренду и лизинг оборудования.

4. Финансовые и стоимостные аспекты:

отложенное признание доходов: оценка стоимости активов затруднена практикой признания выручки только после завершения этапов работ или ввода объекта в эксплуатацию, что создает временной разрыв между затратами и доходами;

корректировки стоимости: при применении ценностно-ориентированного управления (VBM) показатели, такие как EVA (экономическая добавленная стоимость), требуют специальных отраслевых корректировок, учитывающих операции с земельным банком и специфику бухгалтерского учета девелоперов;

портфельное инвестирование: крупные компании отрасли часто используют временно свободные денежные средства для формирования портфелей финансовых активов (акции, облигации, металлы) с целью получения дополнительного дохода и обеспечения срочной ликвидности.

5. Цифровизация управления активами:

цифровые активы (BIM): современной особенностью является использование технологий информационного моделирования зданий (BIM) и цифровых двойников на протяжении всего жизненного цикла объекта для снижения эксплуатационных расходов.

Таким образом, эффективность управления в отрасли напрямую зависит от способности менеджеров балансировать между высокими рисками простоев, климатическими факторами и необходимостью обеспечения непрерывности оборачиваемости огромных объемов оборотных средств

Управление активами проектно-ориентированной организации строится на следующих принципах:

1. Проектная привязка активов – каждый актив (или группа активов) должен быть соотнесен с конкретным проектом (или портфелем проектов) для целей учета затрат, контроля эффективности и принятия решений о перераспределении ресурсов.

2. Постадийный контроль незавершенного производства – регулярная инвентаризация НЗП (в том числе списание «зависших» затрат по приостановленным проектам) позволяет избежать искажения финансовых результатов [8].

3. Управление дебиторской задолженностью в разрезе проектов – для каждого проекта устанавливаются лимиты дебиторской задолженности, сроки оборачиваемости, ответственные лица за взыскание.

4. Оптимизация запасов с учетом графика производства работ – закупка материалов под конкретные проекты (прямые договоры поставки) позволяет минимизировать складские запасы и снизить иммобилизацию оборотных средств.

5. Лизинг и аренда как альтернатива приобретению основных средств – использование лизинга позволяет снизить единовременную нагрузку на капитал и ускорить обновление парка техники и оборудования.

Аутсорсинг непрофильных функций – передача на аутсорсинг обслуживания техники, ведения бухгалтерского учета, юридического сопровождения позволяет сократить объем внеоборотных активов и сосредоточиться на основной проектной деятельности.

Таким образом, управление активами в строительных организациях представляет собой многогранный процесс, сочетающий системный, функциональный, стоимостной и инвестиционный подходы, что обусловлено высокой капиталоемкостью, длительным операционным циклом и территориальной распределенностью строительного производства. Ключевыми особенностями отрасли являются преобладание оборотных активов (до 90–99%), высокая доля дебиторской задолженности и необходимость управления незавершенным производством в условиях длительных сроков строительства. Эффективность управления активами в строительстве напрямую зависит от внедрения проектно-ориентированных принципов, оптимизации запасов с учетом графика производства работ, использования лизинга и аренды, а также цифровизации управления на основе BIM-технологий и цифровых двойников.

Список литературы

1. Данилов Д. Д. Особенности управления оборотными средствами на малых и средних предприятиях в условиях экономических санкций / Д. Д. Данилов // Проблемы устойчивого экономического развития в системе управления организацией, предприятием, учреждением уголовно-исполнительной системы : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 апреля 2022 года. – Рязань: Редакционно-издательский отдел Академии ФСИН России, 2023. – С. 73–79.

2. Жилкина Ю. В. Система управления активами / Ю. В. Жилкина // Электроэнергетика глазами молодежи : материалы XII Международной научно-технической конференции, Нижний Новгород, 16–19 сентября 2022 года. Том Часть II. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 39–42.

3. Диордиева Л. И. Обоснование выбора системы управления активами как эффективного механизма управления производственно-хозяйственной деятельностью энергетических предприятиях сферы топливно-энергетического комплекса // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 4. – С. 661–663.

4. Антипова М.М., Нечаев О.Н. Статический и динамический варианты модели оптимизации производственной и инвестиционной деятельности промышленной корпорации // Экономический вестник. – 2024. – Т. 3. – № 4. – С. 76–84.

5. Барбашева Е. М. К вопросу об управлении оборотными активами предприятия / Е. М. Барбашева // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 91-5. – С. 26–28.

6. Кириллова В. И. Основы управления предприятиями инвестиционно-строительной деятельности / В. И. Кириллова // Опыт и проблемы реформирования системы менеджмента на современном предприятии: тактика и стратегия : сборник статей XXII Международной научно-практической конференции, Пенза, 20–21 марта 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 219–223.

7. Безрукова Т.Л., Шанин И.И., Якунина А.П. Управление оборотными активами. – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34788> (дата обращения 24.05.2026).

8. Кичигина Е.Г. Методические основы эффективного управления оборотным капиталом организации. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7147> (дата обращения 24.05.2026).

© Федорова Е.С., Печенин Д.С.

DOI 10.46916/21082026-978-5-00276-149-4

ОПТИМИЗАЦИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ В КОРИДОРЕ КИТАЙ–РОССИЯ: СТРАТЕГИИ ОБХОДА ЛОГИСТИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В 2026 ГОДУ

Джиоев Александр Викторович

студент 3 курса

Торговое дело: Логистические системы в торговле

Научный руководитель: **Никифорова Жанна Александровна**

канд. фил. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»

Аннотация: В статье рассматриваются оптимизированные мультимодальные схемы доставки из Китая в Россию в условиях кризиса традиционных коридоров 2026 года. Предложены четыре альтернативных маршрута: «Авиа + Ж/Д» через сибирские хабы, оптимизированный морской транзит, сухопутный экспресс через Забайкальск–Маньчжурию и сезонный арктический экспресс по СМП. Проведено их сравнение по срокам, стоимости, надёжности и гибкости. Наиболее сбалансированным решением для экспресс-доставки признана схема «Авиа + Ж/Д» через региональные хабы Сибири.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, экспресс-доставка, Китай–Россия, сибирские авиахабы, Транссибирская магистраль, Забайкальск–Маньчжурия, Северный морской путь, цифровизация логистики.

OPTIMIZING MULTIMODAL ROUTES IN THE CHINA–RUSSIA CORRIDOR: STRATEGIES FOR BYPASSING LOGISTICS BARRIERS IN 2026

Dzhioev Alexander Viktorovich

Scientific supervisor: **Nikiforova Zhanna Alexandrovna**

Abstract: The article examines optimized multimodal delivery schemes from China to Russia amid the crisis of traditional logistics corridors in 2026. Four alternative routes are proposed: «Air + Rail» through Siberian hubs, optimized maritime transit, land express through Zabaikalsk–Manzhouli, and seasonal Arctic express via the NSR. Comparative analysis is conducted by time, cost, reliability, and

flexibility. The «Air + Rail» scheme through Siberian hubs is recognized as the most balanced solution for express delivery.

Key words: multimodal transportation, express delivery, China–Russia, Siberian aviation hubs, Trans-Siberian Railway, Zabaikalsk–Manzhouli, Northern Sea Route, logistics digitalization.

Введение

Современный этап развития торговых отношений между Россией и Китаем в 2026 году характеризуется беспрецедентным доминированием трансграничной электронной коммерции. Экспансия таких гигантов, как AliExpress, Shein и Temu, сформировала у потребителей устойчивый запрос на экспресс-доставку в интервале 5–15 дней [1].

Однако классические логистические коридоры в текущем сезоне достигли предела своей пропускной способности. Московский авиаузел (SVO, DME, VKO), принимающий до 60% трафика из КНР, перегружен: грузы ожидают обработки до 7–10 рабочих дней. Казахстанское направление после введения системы СПОТ (с 1 июня 2026 г.) и тотальных досмотров фактически потеряло надёжность для экспресс-доставки, а на Транссибе сохраняется дефицит фитинговых платформ, что добавляет 5–7 дней к срокам транзита.

В этих условиях требуется пересмотр подходов к организации поставок. Цель настоящей статьи — разработка системы оптимизированных мультимодальных маршрутов, позволяющих обойти существующие барьеры на основе принципов «регионализации» грузопотоков через сибирские авиахабы, использования инфраструктурных возможностей Забайкальска и внедрения сквозных цифровых технологий.

Актуальность исследования обусловлена непрерывным поиском и экономическим обоснованием альтернативных мультимодальных схем, способных обеспечить стабильный «белый» транзит.

Цель статьи: Разработка и представление системы маршрутов, основанных на принципах «регионализации» грузопотоков через сибирские авиахабы, использовании инфраструктурного прорыва в Забайкальске и внедрении сквозных цифровых технологиях КНР («одна декларация – один путь»), действующих с 27 января 2026 года.

Задачи:

1. Обосновать эффективность схемы «Авиа + Ж/Д» через сибирские хабы как основной альтернативы московскому авиаузлу.

2. Оценить перспективы использования коридора Забайкальск–Маньчжурия как стабильной альтернативы казахстанскому транзиту.

3. Проанализировать возможности оптимизации морского транзита через плановую перевалку в полувагонах.

4. Рассмотреть сезонный потенциал Северного морского пути как инструмента разгрузки Восточного полигона.

5. Предложить практические рекомендации для разных сегментов бизнеса на основе сравнительного анализа предложенных схем.

Методология. В основе исследования лежит сравнительный анализ четырёх мультимодальных маршрутов по четырём критериям: срок доставки (door-to-door), стоимость, надёжность и гибкость. Оценка проводилась на основе открытых данных логистических операторов, отраслевых порталов и нормативных актов за июль-август 2026 года.

Схема 1: «Авиа + ЖД» через региональные хабы: обход «московского узла»

В июле 2026 года Московский авиаузел (SVO, DME, VKO), принимающий до 60% трафика из КНР, превратился в критический барьер. В сочетании с «эффектом маркетплейсов» (Temu и Shein выкупают до 70–80% мощностей) это создает многодневные заторы, увеличивая срок «от двери до двери» до 14–16 суток.

В качестве эффективной альтернативы предлагается оптимизированная мультимодальная схема: Самолет (Шанхай/Шэньчжэнь) → Сибирский хаб (Новосибирск/Красноярск) → Ускоренный контейнерный поезд → Москва/Санкт-Петербург → Автодоставка («последняя миля»).

Технико-экономические преимущества схемы:

– Сокращение сроков: Использование аэропортов Толмачёво (OVB) или Красноярск (KJA) позволяет миновать перегруженные московские терминалы, экономя 2–3 дня. В Красноярске реализуется проект авиахаба для китайских компаний, в Толмачёво внедрена технология «три потока» и электронного управления очередью, что исключает простои. Суммарный срок — 8–12 дней.

– Оптимизация затрат: на фоне «живых котировок» авиафрахта, достигающих в июле 2026 года \$10–15 за кг, данная мультимодальная модель позволяет снизить итоговую стоимость логистики на 25–30% за счет замены дорогого авиаплеча внутри РФ на железнодорожную перевозку [2].

– Надёжность и пропускная способность: за I полугодие 2026 года объем перегрузки контейнеров на ЗСЖД вырос в 3,6 раза (до 46 тыс. ДФЭ),

количество контейнерных поездов — также в 3,6 раза [3]. Это гарантирует стабильный выход составов и минимизирует риски дефицита бортов.

Данная схема особенно актуальна для среднетоннажных партий электроники и товаров e-commerce, требующих жесткого соблюдения графиков при умеренном бюджете

Схема 2: «Море + Ж/Д» (Оптимизированный Транссиб)

В июле 2026 года дефицит фитинговых платформ в портах Приморья достиг 15–20 суток ожидания. Перевозчики массово используют полувагоны (практика внедрена на 12 станциях [4]), но без плановой перевалки это добавляет 5–7 дней [5].

Предлагается схема «Море (КНР) → Полувагон (Владивосток) → Сибирский хаб → Платформа → Москва». Плановая синхронизация смены подвижного состава в хабах Сибири позволяет сократить срок door-to-door до 20–25 дней (вместо 35–55 суток). Точность стыковки обеспечивают цифровизация портов ДФО (время обработки — 6–12 часов) и рост перевалки на ЗСЖД в 3,6 раза.

Схема 3. Сухопутный экспресс «Забайкальск – Маньчжурия»

В условиях системного кризиса транзита через Казахстан (досмотры до 90 дней и запуск системы СПОТ с 1 июня 2026 г.) узел Забайкальск–Маньчжурия стал безальтернативным «белым» коридором для экспресс-доставки.

Ключевые факторы оптимизации в 2026 году:

- Инфраструктурный прорыв: Майское соглашение 2026 года о строительстве второго ж/д пути китайского стандарта (1435 мм) позволяет развести встречные потоки и добавить 11 млн тонн ежегодной пропускной способности. Это сокращает время сквозного транзита до рекордных 1–2 дней [6].
- Цифровой форпост: Начатое в июле 2026 года строительство в Маньчжурии интеллектуального мегахаба площадью 140 тыс. кв. м с автоматизированными линиями досмотра позволит сократить время оформления на 40% и снизить логистические издержки на 15% [7].
- Режим работы: Продление круглосуточного режима работы и внедрение системы электронного бронирования очереди через ГИС ЭПД обеспечивают стабильный срок доставки до Москвы в интервале 7–14 дней [8], [9].

Схема является наиболее устойчивой для TIR-перевозок высокотехнологичного импорта и товаров с высокой добавленной стоимостью в условиях логистической нестабильности.

Схема 4. Сезонный «Арктический экспресс» (СМП): морская альтернатива со скоростью поезда

В навигационный сезон 2026 года СМП стал регулярным экспресс-коридором благодаря запуску сервиса China-Europe Arctic Express (CAE), обеспечивающего доставку из КНР в порты Европейской части РФ за 20–22 дня [10].

Технико-экономические параметры и факторы роста:

- Регулярность и провозная способность: на линии CAE задействовано семь специализированных судов ледового класса, что позволило перевести сервис в еженедельный формат. По прогнозам ГК «Росатом», благодаря интеграции СМП в логистические цепочки e-commerce, объем китайских грузов на маршруте по итогам 2026 года может удвоиться [11].
- Экологичность: маршрут на 50% экологичнее Суэцкого канала и защищён от геополитических рисков.
- Инфраструктурная поддержка: Стратегическая значимость коридора закреплена в 15-м пятилетнем плане КНР (2026–2030 гг.), где акцентируется внимание на развитии «Ледового Шелкового пути» и обеспечении безопасности в полярных регионах. Со стороны РФ утвержден план строительства нового глубоководного терминала в морском порту Архангельска, что обеспечит бесперебойную приемку крупнотоннажных контейнеровозов [12], [13].

Несмотря на сезонные ограничения (июль — октябрь), СМП в 2026 году выступает критически важным инструментом разгрузки Восточного полигона, предлагая сроки, сопоставимые с железнодорожным транзитом, при существенно больших объемах разовой партии.

Технологические драйверы «бесшовной» логистики

Реализация предложенных экспресс-маршрутов в августе 2026 года опирается на сквозные цифровые инструменты, которые минимизируют административные и технические задержки.

1. Упрощение процедур в КНР и ЕАЭС. Основой для сокращения сроков внутри КНР стал запущенный в январе 2026 г. режим «одна декларация — сквозное оформление» [14]. Он исключает повторное декларирование при смене транспорта (река–порт–ж/д), сокращая простои в Китае до 48 часов. С российской стороны обязательное внедрение навигационных пломб

(с 31 июля 2026 г.) и системы СПОТ сформировало «доверенную среду» [15]. Хотя эти меры являются фильтрами, в рамках оптимизированных маршрутов они гарантируют предсказуемость: груз проходит границы без вскрытия, а заблаговременное резервирование НДС исключает риск остановки транспорта на въезде в РФ.

2. Интеллектуальное управление и автономные системы (AI & TMS). Ключевым отличием логистики 2026 года является переход от простой автоматизации к автономному управлению цепочками поставок на базе продвинутых TMS-платформ:

- Искусственный интеллект (AI): Системы класса «умный диспетчер» в реальном времени обрабатывают неструктурированные данные и прогнозируют риски задержек. В случае затора AI автоматически пересчитывает стыковку или перенаправляет поток на альтернативный хаб [16].

- IoT-мониторинг: Использование датчиков нового поколения в контейнерах позволяет контролировать не только геопозицию, но и состояние груза (температуру, влажность, удары), что критично для электроники в мультимодальных схемах.

- Синхронизация очередей: Единые цифровые слоты (через ГИС ЭПД для авто и портовые системы для ЖД) сократили время ожидания перевалки до 6–12 часов, превращая региональные хабы из «точек задержки» в скоростные шлюзы [17].

Таким образом, цифровая интеграция позволяет трансформировать разрозненные виды транспорта в единый экспресс-коридор, работающий по принципу конвейера.

Для наглядного сопоставления маршрутов все показатели сведены в таблицу 1. Оценка проводилась по четырём критериям: срок, стоимость, надёжность и гибкость, а также выделены риски и целевые грузы.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика предлагаемых мультимодальных схем
(август 2026 г.)**

Критерий	«Авиа + Ж/Д» (Сибирь)	«Море + Ж/Д» (оптимизированный)	Забайкальск – Маньчжурия	Арктический экспресс (СМП)
Срок доставки	8–12 дней	20–25 дней	7–14 дней	20–22 дня (сезонно)

Продолжение таблицы 1

Стоимость	Средняя (на 25–30% дешевле прямого авиа)	Низкая	Оптимальная	Средняя
Надёжность	Высокая (стабильные графики)	Средняя (зависит от перевалки)	Высокая (отсутствие очередей)	Сезонная (июль — сентябрь)
Гибкость	Средняя (до 2 т)	Высокая (крупные партии)	Высокая (TIR, электроника)	Ограниченная (сезонность)
Ключевые риски	Зависимость от расписания рейсов	Дефицит платформ, перевалка	Загруженность инфраструктуры	Ледовая обстановка
Целевые грузы	Электроника, e-commerce	Массовые, негабаритные	TIR, продовольствие	Крупные партии (лето)
Технологическая база	«Три потока» в Толмачёво, рост перевалки на ЗСЖД	Цифровизация портов ДФО, полувагоны	ГИС ЭПД, круглосуточный режим, мегахаб	САХ, суда ледового класса, 15-й план КНР

Анализ показывает, что выбор маршрута зависит от приоритетов грузоотправителя. Для срочных среднетоннажных грузов оптимальна схема «Авиа + Ж/Д» через Сибирь (8–12 дней, умеренная стоимость), для крупных партий — оптимизированный морской транзит (20–25 дней, низкая стоимость). В сухопутном сегменте Забайкальск–Маньчжурия обеспечивает лучшее сочетание скорости и надёжности (7–14 дней), а СМП выступает как сезонная альтернатива для разгрузки Восточного полигона.

Заключение

В условиях системного кризиса традиционных коридоров 2026 года предложена система из четырёх оптимизированных мультимодальных маршрутов, каждый из которых ориентирован на конкретные типы грузов и бизнес-задачи:

- Срочные грузы → «Авиа + Ж/Д» (8–12 дней, – 25–30% к стоимости авиа).
- Крупные партии → «Море + Ж/Д» (20–25 дней, низкая стоимость).
- Стабильные сухопутные поставки → Забайкальск–Маньчжурия (7–14 дней, без очередей).
- Сезонные крупные партии → СМП (20–22 дня, экологичность).

Рекомендации: малому бизнесу — консолидация через Забайкальск или авиа-ЖД гибриды; маркетплейсам — инвестиции в хабы в Сибири; государству — модернизация инфраструктуры Забайкальска, портов ДВ и цифровых сервисов.

Дальнейшее развитие логистики в коридоре Китай–Россия будет определяться адаптацией участников рынка к цифровым стандартам и готовностью инфраструктуры к растущим объёмам грузопотока.

Список литературы

1. Джигоев А. В. Специфика китайского e-commerce и кросс-бордер торговли. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=88862714> (дата обращения 19.08.2026).
2. Авиадоставка грузов из Китая в Россию резко подорожала // ATI.SU — Новости. 2026. 14 мая. URL: <https://news.ati.su/news/2026/05/14/aviadostavka-gruzov-iz-kitaja-v-rossiju-rezko-podorozhala-919600/> (дата обращения 19.08.2026).
3. «ТрансКонтейнер» расширил сеть пунктов перегрузки контейнеров // SeaNews. 2026. 24 июля. URL: <https://seanews.ru/2026/07/24/ru-transkontejner-rasshiril-set-punktov-peregruzki-kontejnerov/> (дата обращения 19.08.2026).
4. Отправка контейнеров в полувагонах в январе-июне 2026 // SeaNews. 2026. 8 июля. URL: <https://seanews.ru/2026/07/08/ru-otpravka-kontejnerov-v-poluvagonah-v-janvare-ijune-2026/> (дата обращения 19.08.2026).
5. Экспортёрам нужен выход к океану // EastRussia. 2026. URL: <https://www.eastrussia.ru/material/eksporteram-nuzhen-vykhod-k-okeanu/> (дата обращения 19.08.2026).
6. Логистика Нового Шёлкового пути: комплексный узел Забайкальск – Маньчжоули бьёт рекорды грузооборота // EastRussia. 2026. URL: <https://www.eastrussia.ru/material/logistika-novogo-shyelkovogo-puti-kompleksnyy-uzel-zabaykalsk-manchzhouli-byet-rekordy-gruzooborota/> (дата обращения 19.08.2026).
7. Маньчжоули строит цифровой мега-хаб для грузоперевозчиков: новые горизонты приграничья // EastRussia. 2026. URL: <https://www.eastrussia.ru/material/manchzhouli-stroit-tsifrovoy-mega-khab-dlya-gruzoperevozchikov-novye-gorizonty-prigranichya/> (дата обращения 19.08.2026).
8. Круглосуточный режим работы пункта пропуска Забайкальск будет продлен ещё на полгода // 75.ru (официальный портал Забайкальского края). 2026. URL: <https://75.ru/news/361780> (дата обращения 19.08.2026).

9. В Минтрансе рассказали, как решают проблему очередей на МАПП Забайкальск // ATI.SU — Новости. 2025. 18 августа. URL: <https://zen.ati.su/news/2025/08/18/v-mintranse-rasskazali-kak-reshajut-problemu-ocheredej-na-mapp-zabajkalsk-i-prigrozili-narushiteljam-blokirovkami-108619/> (дата обращения 19.08.2026).
10. Sea Legend запустила еженедельный контейнерный сервис в Европу через Арктику // PortNews. 2026. 15 августа. URL: <https://portnews.ru/news/395595/> (дата обращения 19.08.2026).
11. «Росатом» разрешил китайской Sealegend Shipping проход по СМП // Ведомости. 2026. 8 августа. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2026/08/08/1219687-rosatom-razreshil-prohod> (дата обращения 19.08.2026).
12. Александр Цыбульский: Индия проявляет интерес к проекту создания глубоководного района порта Архангельск // PortNews. 2026. 6 августа. URL: <https://portnews.ru/news/395180/> (дата обращения 19.08.2026).
13. The 8th Academic Conference on Arctic Navigation Safety and Sustainable Development // Dalian Maritime University. 2026. 15 июня. URL: <https://english.dlmu.edu.cn/info/1366/4562.htm> (дата обращения 19.08.2026).
14. Новый таможенный режим Китая с 2026 года: как мультимодальные перевозки ускоряют доставку в Россию // РЭБИТ. 2026. URL: <https://рэбит.рф/article.php?slug=novyuy-tamozhenny-rezhim-kitaya-s-2026-goda-kak-multimodalnye-perevozki-uskoryayut-dostavku-v-rossiy> (дата обращения: 19.08.2026).
15. В ЕАЭС начался второй этап отслеживания перевозок с помощью навигационных пломб // ATI.SU — Новости. 2026. 31 июля. URL: <https://zen.ati.su/news/2026/07/31/v-eaes-nachalsja-vtoroj-etap-otslezhivaniya-perevozok-s-promoschju-navigatsionnyh-plomb-323598/> (дата обращения: 19.08.2026).
16. Атракс вошёл в ТОП-10 крупнейших поставщиков TMS в России // РБК Компании. 2026. URL: <https://companies.rbc.ru/news/qJOg3g2sKE/atraks-voshel-v-top-10-krupnejshih-postavschikov-tms-v-rossii/> (дата обращения 19.08.2026).
17. Росгранстрой напоминает грузоперевозчикам о стабильном функционировании сервиса электронной очереди в пункте пропуска «Тагиркент-Казмаляр» // БАМАП. 2025. 10 февраля. URL: https://bamap.org/information/news/2025_02_10_219107/ (дата обращения 19.08.2026)

© Джигоев А.В.

**СЕКЦИЯ
ХИМИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

**ВЛИЯНИЕ ПРОМОТОРОВ ПЛАТИНЫ И ПАЛЛАДИЯ НА
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША**

**Яковенко Евгения Юрьевна
Телегин Даниил Валерьевич
Марченко Виктория Сергеевна
Храпов Назар Рауфович
Василенко Денис Валерьевич**
студенты

Научный руководитель: **Сулима Сергей Иванович**

к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Южно-Российский
государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова»

Аннотация: В работе представлены результаты сравнительного анализа влияния промоторов платины и палладия на физико-химические и каталитические характеристики кобальтовых систем синтеза Фишера-Тропша. Показано, что введение обоих металлов позволяет снизить температуру восстановления Co_3O_4 до активной металлической фазы, увеличить дисперсность кобальта и подавить образование неактивных алюминатов и силикатов. Установлены ключевые различия в структурном модифицировании: платина стабилизирует гексагональную плотноупакованную модификацию кобальта, способствуя селективному образованию тяжелых парафинов с высоким фактором роста цепи ($\alpha = 0,9$), тогда как палладий стабилизирует ГЦК-фазу и смещает распределение продуктов в сторону среднестиллятных фракций с повышенным содержанием α -олефинов ($\alpha = 0,85$).

Ключевые слова: синтез Фишера-Тропша, кобальтовые катализаторы, благородные металлы, промотирование, селективность, α -олефины.

**EFFECT OF PLATINUM AND PALLADIUM PROMOTERS ON
CATALYTIC PROPERTIES OF COBALT CATALYSTS FOR FISCHER-
TROPSCH SYNTHESIS**

Yakovenko Evgeniya Yurievna

Telegin Daniil Valerievich

Marchenko Victoria Sergeevna

Khrapov Nazar Raufovich

Vasilenko Denis Valeryevich

Scientific supervisor: **Sulima Sergey Ivanovich**

Abstract: The paper presents the results of a comparative analysis of the effect of platinum and palladium promoters on the physicochemical and catalytic characteristics of cobalt Fischer-Tropsch synthesis systems. It has been shown that the addition of both metals allows reducing the Co_3O_4 reduction temperature to the active metal phase, increasing the cobalt dispersion and suppressing the formation of inactive aluminates and silicates. Key differences in structural modification have been established: platinum stabilizes the hexagonal tightly packed modification of cobalt, contributing to the selective formation of heavy paraffins with a high chain growth factor ($\alpha = 0.9$), while palladium stabilizes the HCC phase and shifts the distribution of products towards middle distillate fractions with a high content of α olefins ($\alpha = 0.85$).

Key words: Fischer-Tropsch synthesis, cobalt catalysts, noble metals, promotion, selectivity, α -olefins.

Синтез Фишера-Тропша (СФТ) представляет собой гетерогенно-каталитический процесс полимеризации, в ходе которого смесь CO и H_2 (синтез-газ) превращается в широкий спектр углеводородов различной молекулярной массы и структуры. Данная реакция является ключевым звеном технологий переработки альтернативного сырья (природного газа, угля, биомассы) в синтетические жидкие топлива и химические продукты [1, с. 32].

Основу гетерогенных катализаторов СФТ составляют три компонента: активный металл, носитель и промотор. Среди возможных активных элементов (Co , Fe , Ni , Ru) практическое применение нашли лишь два – железо и кобальт. Железо отличается универсальностью: оно работает в диапазоне $200\text{--}350^\circ\text{C}$ и при повышении температуры до $320\text{--}350^\circ\text{C}$ способствует накоплению олефинов и кислородсодержащих продуктов. Кобальт, в отличие от железа, активен при умеренном нагреве ($200\text{--}250^\circ\text{C}$) и обеспечивает преимущественное

формирование нормальных парафинов, что определяет его популярность в технологиях GTL для получения дизельных фракций.

Наиболее часто используемыми промоторами катализаторов являются благородные металлы [2, с. 635]. Основными причинами их применения являются снижение температуры во время процедуры активации и повышение каталитической активности. Добавление Pt, Pd, Ru, Re, Ag и Rh в катализатор может вызвать значительное снижение необходимой температуры при восстановлении оксида металла в активные металлические частицы.

В настоящей работе приведено сравнительное исследование каталитических свойств кобальтовых катализаторов с добавлением промотирующих добавок платины и палладия.

Введение платины или палладия в качестве промоторов существенно снижает температуру восстановления кобальтовых катализаторов синтеза Фишера-Тропша (СФТ) за счет эффекта спилловера водорода, увеличивая число доступных активных центров металлического кобальта [3, с. 416–417]. Введение платины в состав катализатора позволяет изменить температуру восстановления до Co^0 с 450°C до $250\text{--}300^\circ\text{C}$, а для палладия до $280\text{--}340^\circ\text{C}$.

Промотирование платиной позволяет проводить активацию катализатора в более мягких условиях, что предотвращает агломерацию мелких частиц кобальта, сохраняя их высокую дисперсность. Палладий также эффективно позволяет проводить активацию, но требует контроля фазовых переходов гидрида Pd на начальном этапе нагрева.

Введение благородных металлов влияет на свойства катализатора (структуру и морфологию). Поскольку Pt и Pd снижают температуру восстановления, то размер частиц металлического кобальта уменьшается с 12–25 нм (для непромотированного образца) до 6–10 нм, а плотность частиц на единицу площади носителя увеличивается. Для синтеза Фишера-Тропша наиболее активной является ГПУ (гексагональная плотноупакованная) модификация металлической фазы, а платина способствует образованию именно данной модификации. В свою очередь палладий стабилизирует ГЦК (границентрированная кубическая) модификацию [4, с. 3–4].

При нанесении кобальта на Al_2O_3 или SiO_2 часть кобальта необратимо реагирует с подложкой, образуя неактивные шпинели (CoAl_2O_4 или Co_2SiO_4). Оба металла подавляют этот процесс, перетягивая частицы Co на себя, образуя прочные кластеры кобальта поверх носителя.

Введение благородных металлов в катализаторы оказывает влияние на общую кинетику, производительность и селективность процесса. В результате высокой дисперсности CoO платиносодержащие системы демонстрируют максимальный прирост каталитической активности и скорости конверсии монооксида углерода уже при 200°C. При этом сильно увеличивается фактор роста углеводородной цепи Андерсона-Шульца-Флори α до 0,9, направляя процесс в сторону селективного образования тяжелых парафинов и восков с минимальным выходом нежелательного метана. Однако из-за высокой гидрирующей способности платины первичные альфа-олефины на ее поверхности быстро превращаются в алканы.

Палладий влияет на процесс синтеза иначе [5, с. 1], поскольку он склонен к взаимной диффузии с кобальтом и образованию поверхностных сплавов. Фактор роста цепи при промотировании палладием $\alpha=0,85$, благодаря чему процесс синтеза смещается от тяжелых восков в сторону прямого получения моторных топлив и дизельной фракции. Измененная электронная плотность на сплавных центрах кобальт-палладий ослабляет связь промежуточных радикалов с поверхностью, что ускоряет десорбцию и позволяет сохранять в продуктах высокую долю ненасыщенных олефинов, ценных для последующей нефтехимии.

Таким образом, можно сделать вывод, что оба металла снижают температуру восстановления до 250–340°C, повышают дисперсность Co и подавляют образование шпинелей. Ключевое различие заключается в структурном влиянии: Pt стабилизирует активную ГПУ-фазу Co и обеспечивает высокую селективность по тяжелым парафинам ($\alpha = 0,9$), тогда как Pd способствует образованию ГЦК-фазы и сплавов Pd–Co, смещая селективность к дизельным фракциям с сохранением олефинов ($\alpha = 0,85$). Выбор промотора определяется целевым продуктом: платина – для тяжелых фракций, палладий – для среднестиллятных топлив с содержанием олефинов.

Список литературы

1. Промотирование благородными металлами Co-Al₂O₃-катализаторов синтеза углеводородов из CO и H₂ / А. Л. Лapidус, В. С. Будцов, Т. Е. Кули [и др.] // Химия твердого топлива. – 2007. – № 1. – С. 32–34. – EDN HZDVWB.
2. Биметаллические кобальтовые катализаторы синтеза углеводородов из CO и H₂ / А. Л. Лapidус, М. В. Цапкина, А. Ю. Крылова, Б. П. Тонконогов // Успехи химии. – 2005. – Т. 74, № 6. – С. 634–645. – EDN HQVLRH.

3. Fischer-Tropsch synthesis: Study of the promotion of Pt on the reduction property of Co/Al₂O₃ catalysts by in situ EXAFS of Co K and Pt LIII edges and XPS / G. Jacobs, J. A. Chaney, P. M. Patterson [et al.] // Journal of Synchrotron Radiation. – 2004. – Vol. 11, No. 5. – P. 414–422. – DOI 10.1107/S090904950401578X. – EDN VBXZXF.

4. Fischer-Tropsch synthesis: Effect of Pd, Pt, Re, and Ru noble metal promoters on the activity and selectivity of a 25%Co/Al₂O₃ catalyst / W. Ma, G. Jacobs, R. A. Keogh [et al.] // Applied Catalysis A: General. – 2012. – Vol. 437-438. – P. 1–9. – DOI 10.1016/j.apcata.2012.05.037. – EDN RLGYN.

5. Fischer-Tropsch synthesis over Pd promoted cobalt based mesoporous supported catalyst / P. K. Gupta, A. Mahato, G. Sahu [et al.] // Oil and Gas Science and Technology. – 2021. – Vol. 76. – P. 2021002. – DOI 10.2516/ogst/2021002. – EDN GPAHIJ.

© Яковенко Е.Ю., Марченко В.С.,
Телегин Д.В., Храпов Н.Р., Василенко Д.В.

ВЛИЯНИЕ ПРОМОТИРОВАНИЯ ЛАНТАНОМ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СЕЛЕКТИВНОСТЬ КОБАЛЬТОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША

Яковенко Евгения Юрьевна

Марченко Виктория Сергеевна

Телегин Даниил Валерьевич

Храпов Назар Рауфович

Василенко Денис Валерьевич

студенты

Научный руководитель: **Сулима Сергей Иванович**

к.т.н., доцент

ФГБУ ВО «Южно-Российский

государственный политехнический университет

(НПИ) имени М.И. Платова»

Аннотация: В настоящей работе представлено сравнение влияния редкоземельного промотора — лантана (La) — на каталитическую активность, адсорбционные свойства, восстановимость и фракционную селективность нанесенных кобальтовых катализаторов синтеза Фишера-Тропша. Рассмотрены особенности формирования активной фазы кобальта на силикатных и оксидно-алюминиевых носителях (SiO_2 , $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) при модифицировании оксидом лантана. Установлено, что введение лантана существенно подавляет нежелательное метанообразование, стимулирует рост цепи по модели Андерсона–Шульца–Флори и повышает выход целевой фракции C_{5+} , а также первичных α -олефинов и высших спиртов. Проанализированы причины изменения конверсии монооксида углерода, дисперсности металлического кобальта, температурных максимумов восстановления оксидных фаз и формирования кислородсодержащих интермедиатов на границе раздела фаз.

Ключевые слова: синтез Фишера-Тропша, кобальтовые катализаторы, оксид лантана, промотирование, селективность по C_{5+} , селективность по метану, α -олефины, высшие спирты, каталитическая активность.

EFFECT OF LANTHANUM PROMOTION ON CATALYTIC PROPERTIES AND SELECTIVITY OF COBALT FISCHER–TROPSCH CATALYSTS

Yakovenko Evgeniya Yurievna

Marchenko Victoria Sergeevna

Telegin Daniil Valerievich

Khrapov Nazar Raufovich

Vasilenko Denis Valerievich

Scientific supervisor: **Sulima Sergey Ivanovich**

Abstract: This paper presents a comparison of the effect of a rare—earth promoter, lanthanum (La), on the catalytic activity, adsorption properties, reducibility, and fractional selectivity of deposited cobalt Fischer—Tropsch synthesis catalysts. The features of the formation of the active phase of cobalt on silicate and aluminum oxide carriers (SiO_2 , $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) during modification with lanthanum oxide are considered. It was found that the introduction of lanthanum significantly suppresses undesirable methane formation, stimulates chain growth according to the Anderson–Schultz–Florey model, and increases the yield of the target fraction of C_{5+} , as well as primary α -olefins and higher alcohols. The causes of changes in the conversion of carbon monoxide, the dispersion of metallic cobalt, the temperature maxima of the reduction of oxide phases and the formation of oxygen-containing intermediates at the interface are analyzed.

Key words: Fischer–Tropsch synthesis, cobalt catalysts, lanthanum oxide, promotion, C_{5+} selectivity, methane selectivity, α -olefins, higher alcohols, catalytic activity.

Развитие энергетических технологий предъявляет экологические требования к чистоте моторных топлив, выдвигая на первый план переработку синтез-газа методом Фишера-Тропша в рамках концепций GTL, BTL и CTL [1, с. 5]. В низкотемпературном синтезе базовыми промышленными системами служат гетерогенные кобальтовые катализаторы, обеспечивающие синтез предельных линейных углеводородов и стабильную длительную эксплуатацию. Одной из проблем при их практическом использовании остается необходимость подавления глубокого гидрогенолиза до метана и смещение реакционного пути в сторону высокомолекулярных фракций C_{5+} , непредельных мономеров и высших спиртов. Если благородные металлы традиционно внедряются для

интенсификации восстановимости оксидов кобальта, то применение соединений редкоземельного ряда, в особенности оксида лантана (La_2O_3), открывает возможности для качественной модификации активных центров и селективного управления распределением продуктов синтеза.

Формирование активной металлической фазы кобальта Co^0 при нанесении на оксидные носители (SiO_2 , $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) зависит от способа внесения промотирующего компонента и природы межфазных взаимодействий. Введение лантана модифицирует структуру поверхности и дисперсность активного компонента [2, с.1]. На алюмооксидных контактах $\text{Co}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ с содержанием 20% масс. кобальта введение оксида лантана при мольном соотношении $n_{\text{La}}/n_{\text{Co}} = 0,1$ сохраняет удельную площадь поверхности БЭТ на уровне $175 \text{ м}^2/\text{г}$ (по сравнению со $178 \text{ м}^2/\text{г}$ для непромотированного образца), при этом размер кристаллитов Co_3O_4 составляет $22,02 \text{ нм}$, а размер частиц восстановленного кобальта — $16,52 \text{ нм}$ при дисперсности $4,16\%$. На промышленных микрокатализаторах $\text{Co}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (14,2 % масс. Co) нанесение 3,3% масс. La приводит к формированию наночастиц Co_3O_4 размером $10,6 \text{ нм}$ и металлических кристаллитов Co^0 размером $9,0 \text{ нм}$ (против $11,3$ и $9,2 \text{ нм}$ для немодифицированного образца), что свидетельствует о стабилизации высокой дисперсии кобальта без процессов термического спекания. На силикатных носителях Co/SiO_2 промотирование лантаном приводит к еще более существенному измельчению металлических кластеров Co^0 до $0,6\text{--}0,7 \text{ нм}$ по данным EXAFS-спектроскопии.

Влияние лантана на восстановимость кобальта определяется усилением взаимодействия активного компонента с модифицированной поверхностью носителя. По данным термопрограммированного восстановления водородом температурные максимумы последовательного восстановления $\text{Co}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{CoO} \rightarrow \text{Co}^0$ на катализаторе $0,1\text{LaCo}$ располагаются при 331 и 411°C , а пик восстановления трудновосстанавливаемых форм кобальта смещается в область более низких температур до 499°C (по сравнению с $556\text{--}590^\circ\text{C}$ для непромотированного катализатора), что повышает общую степень восстановимости до $48,36\%$ [3, с. 7].

Модифицирование кобальтовых катализаторов лантаном приводит к подавлению образования метана и легких углеводородов $\text{C}_2\text{--C}_4$ [4, с. 82]. В стандартных условиях синтеза Фишера–Тропша (220°C , $2,0 \text{ МПа}$, $\text{H}_2/\text{CO} = 2$) на катализаторе $0,1\text{LaCo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ селективность по метану снижается до $15,80\%$ по сравнению с $23,56\%$ на образце $\text{Co}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, а выход легких углеводородов

C_2-C_4 падает с 6,86 до 4,94%. При испытаниях в условиях CO_2 -содержащего синтез-газа на микрокатализаторе $Co-La/Al_2O_3$ селективность по CH_4 сокращается с 15,2% (для базового контакта) до 9,7%, а селективность по фракции C_2-C_4 снижается с 8,7 до 5,5%. На силикатных катализаторах $Co/LaO \cdot SiO_2$ селективность образования метана составляет 11,3% против 13,6% на чистом Co/SiO_2 при сопоставимой конверсии. Подавление метанирования обусловлено ослаблением адсорбции водорода и уменьшением локального отношения адсорбированного водорода к углеродным фрагментам на промотированных центрах.

Снижение скорости гидрогенизационного обрыва углеводородных цепей сопровождается закономерным ростом выхода тяжелой фракции C_{5+} . На контактах $Co/\gamma-Al_2O_3$ введение лантана обеспечивает увеличение селективности по C_{5+} с 67,15 до 77,86% при степени превращения CO на уровне 96,63%. В потоке синтез-газа с добавлением диоксида углерода селективность по жидким углеводородам C_{5+} на катализаторе с лантаном возрастает до 84,8% по сравнению с 76,1% на непромотированном образце. Хромато-масс-спектрометрический анализ продуктов показывает, что присутствие лантана стимулирует рост цепи с преимущественным формированием дизельной фракции $C_{12}-C_{18}$ (прирост на 17% по сравнению с базовым контактом) и бензиновых углеводородов C_5-C_{11} (прирост на 10%) [2, с.1]. Величина фактора роста цепи по модели Андерсона–Шульца–Флори для углеводородов и оксигенатов на промотированных лантаном системах стабильно удерживается в диапазоне $\alpha = 0,75-0,83$.

Особым преимуществом лантанового промотирования является существенное увеличение выхода непредельных углеводородов (α -олефинов) и высших спиртов. На катализаторах $Co/LaO \cdot SiO_2$ суммарная селективность по олефинам и спиртам возрастает до 35,1% (по сравнению с 25,1% на Co/SiO_2), а соотношение спирты/олефины достигает значения 0,42, превышая аналогичный показатель базового контакта (0,24) почти вдвое [4, с. 86–87]. По данным in-situ DRIFTS-спектроскопии, оксид лантана создает поверхностные дефекты и основные центры на границе контакта с металлом, способствуя образованию подвижных формиатных и карбоксилатных интермедиатов (CH_xO), ответственных за рост кислородсодержащих соединений и облегченную десорбцию 1-алкенов без их повторного гидрирования в парафины. При этом общая конверсия CO при постоянной объемной скорости может умеренно снижаться из-за частичной экранировки активного кобальта, что требует оптимизации времени контакта фаз.

Таким образом, промотирование кобальтовых катализаторов лантаном представляет собой эффективный способ направленной регулировки их каталитических характеристик в синтезе Фишера-Тропша. Введение лантана обеспечивает подавление селективности по метану, повышает выход целевой фракции C_{5+} до 78–85% и увеличивает селективность синтеза ценных α -олефинов и алифатических спиртов. Оптимальное дозирование оксида лантана позволяет добиться высокой селективности по моторным топливам при сохранении эксплуатационной стабильности катализатора.

Список литературы

1. Влияние метода внесения промотора на свойства активного компонента Со-катализаторов синтеза углеводородов / С. С. Иваненко, К. Н. Алексенко, А. А. Василенко [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3 (50). – С. 5. – EDN YRQMSL.
2. Fischer-Tropsch synthesis: Towards a highly-selective catalyst by lanthanide promotion under relevant CO₂ syngas mixtures / J. Guilera, A. Berenguer, M. Biset-Peiró [et al.] // Applied Catalysis A: General. – 2022. – Vol. 629. – P. 118423. – DOI 10.1016/j.apcata.2021.118423. – EDN BLFRHL.
3. Promotion effect of single or mixed rare earths on cobalt-based catalysts for Fischer-Tropsch synthesis / S. Zeng, Y. Du, H. Su, Y. Zhang // Catalysis Communications. – 2011. – Vol. 13, No. 1. – P. 6–9. – DOI 10.1016/j.catcom.2011.06.009. – EDN PLANEL.
4. Tailoring the product selectivity of Co/SiO₂ Fischer-Tropsch synthesis catalysts by lanthanide doping / M. C. Ribeiro, M. K. Gnanamani, R. Garcia [et al.] // Catalysis Today. – 2020. – Vol. 343. – P. 80–90. – DOI 10.1016/j.cattod.2018.10.064. – EDN CHXRSX.

© Яковенко Е.Ю., Марченко В.С.,
Телегин Д.В., Храпов Н.Р., Василенко Д.В.

АКТУАЛЬНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕАКЦИИ СУЗУКИ-МИЯУРЫ: ОТ КЛАССИЧЕСКИХ СИСТЕМ К МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ ПОДХОДАМ

Гнатюк Ирина Геннадьевна
Лаврентьев Игорь Вячеславович
Рогов Ростислав Сергеевич
Малахов Алексей Юрьевич
Афанасьева Мария Дмитриевна

студенты

Научный руководитель: **Александров Андрей Анатольевич**

к.х.н., доцент

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

Аннотация: Реакция Сузуки-Мияуры является одним из наиболее востребованных и универсальных инструментов современной органической химии для создания связей углерод-углерод. В данной обзорной статье рассматривается современное состояние в области разработки и применения катализаторов на основе переходных металлов для процессов кросс-сочетания арил- и винилгалогенидов с борорганическими соединениями. Проведен анализ классических и новейших палладиевых комплексов, включая системы с N-гетероциклическими карбенами и объемными фосфиновыми лигандами. Особое внимание уделено тенденции замены благородных металлов на более доступные и экологичные никелевые и медные катализаторы. В статье подробно обсуждается оптимизация реакционных условий путем перехода от традиционных жидкофазных процессов к твердофазному синтезу в условиях механохимической активации (в шаровых мельницах).

Ключевые слова: реакция Сузуки-Мияуры, кросс-сочетание, переходные металлы, механохимическая активация, гетероциклы.

**CUTTING-EDGE TRANSITION METAL-BASED CATALYSTS
IN THE SUZUKI-MIYAUURA REACTION: FROM CLASSICAL
SYSTEMS TO MECHANOCHEMICAL APPROACHES**

Gnatiuk Irina Gennadyevna
Lavrentyev Igor Vyacheslavovich
Rogov Rostislav Sergeevich
Malakhov Alexey Yuryevich
Afanasyeva Maria Dmitrievna
students

Scientific Supervisor: **Aleksandrov Andrey Anatolyevich**
PhD (Chemistry), Associate Professor
SUSPU (M.I. Platov National Polytechnic Institute)

Abstract: The Suzuki-Miyaura reaction is one of the most sought-after and versatile tools in modern organic chemistry for creating carbon-carbon bonds. This review article examines the current state of the art in the development and application of transition metal catalysts for the cross-coupling of aryl and vinyl halides with organoboron compounds. Classic and newer palladium complexes are analyzed, including systems with N-heterocyclic carbenes and bulky phosphine ligands. Particular attention is paid to the trend toward replacing noble metals with more accessible and environmentally friendly nickel and copper catalysts. The article discusses in detail the optimization of reaction conditions by switching from traditional liquid-phase processes to solid-phase synthesis under mechanochemical activation (in ball mills).

Key words: Suzuki-Miyaura reaction, cross-coupling, transition metals, mechanochemical activation, heterocycles.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование связи углерод-углерод (C–C) лежит в основе конструирования углеродного скелета подавляющего большинства органических молекул, от полимеров и агрохимикатов до сложных фармацевтических субстанций и материалов для органической электроники. Среди множества методов конструирования C–C связей реакция Сузуки-Мияуры — палладий-катализируемое кросс-сочетание борорганических соединений с органическими галогенидами или псевдогалогенидами — занимает доминирующее положение [1]. Этот статус обусловлен рядом уникальных преимуществ: высокой толерантностью к разнообразным

функциональным группам, коммерческой доступностью и стабильностью борорганических реагентов на воздухе, их низкой токсичностью, а также легкостью отделения неорганических побочных продуктов [1, 2]. За развитие этого метода Акира Сузуки в 2010 году был удостоен Нобелевской премии по химии.

Исторически первыми катализаторами реакции Сузуки выступали простые фосфиновые комплексы палладия, такие как $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$. Однако ограничением ранних каталитических систем была их низкая активность по отношению к доступным, но инертным арилхлоридам, а также необходимость использования высоких температур. За последние два десятилетия дизайн катализаторов претерпел колоссальную эволюцию. Вектор развития направлен на решение нескольких фундаментальных задач: снижение загрузки драгоценных металлов (вплоть до миллионных долей), вовлечение в реакцию стерически затрудненных и дезактивированных субстратов, замена палладия на металлы 3d-ряда (никель, медь, железо) и, что особенно актуально в рамках парадигмы «зеленой химии», полный отказ от использования токсичных органических растворителей.

Настоящий краткий обзор обобщает последние достижения в дизайне металлокомплексных катализаторов для реакции Сузуки-Мияуры. Особый акцент сделан на альтернативных методах проведения реакций, в частности, на механохимической активации, которая представляет собой мощный инструмент для осуществления каталитических трансформаций в твердой фазе, в том числе для региоселективного синтеза производных таких важных гетероциклов, как фуран и тиофен.

Современные палладиевые катализаторы: фосфины и N-гетероциклические карбены

Несмотря на активный поиск альтернатив, палладий остается стандартом в реакциях кросс-сочетания. Прорыв в активации инертных связей C–Cl произошел благодаря разработке объемных и электронодонорных лигандов, способствующих облегчению лимитирующей стадии окислительного присоединения. Выдающиеся результаты были достигнуты исследовательской группой Бухвальда, разработавшей семейство высокоэффективных диалкилбиарилфосфиновых лигандов [3]. Внедрение этих систем в синтетическую практику происходило последовательно: так, лиганд XPhos был описан в 2003 году [4], его аналог SPhos — в 2005 году [5], а более сложный RuPhos, нацеленный на специфические трансформации, — в 2008 году [6].

Каталитические системы на их основе позволяют проводить реакцию Сузуки-Мияуры при комнатной температуре с выходами, близкими к количественным, даже для орто-замещенных арилхлоридов. Дальнейшая оптимизация привела к созданию предкатализаторов на основе палладациклов (вплоть до современных поколений G1–G6), которые генерируют активную частицу Pd(0) монофосфинового типа непосредственно в реакционной смеси при действии слабого основания [7].

Альтернативой фосфиновым лигандам стали N-гетероциклические карбены (NHC) [8]. Они образуют исключительно прочные связи металл-углерод, что предотвращает деградацию катализатора и выделение "палладиевой черни" в жестких условиях. Наиболее известными представителями этого класса являются катализаторы типа PEPPSI (Pyridine-Enhanced Precatalyst Preparation Stabilization and Initiation), разработанные Органином и соавторами. Комплексы PEPPSI-IPr и их стерически более загруженные аналоги продемонстрировали невероятную стабильность на воздухе и высочайшую активность в реакциях Сузуки с участием гетероароматических субстратов [9].

Использование более доступных металлов: никелевый и медный катализ

Высокая стоимость палладия и проблемы с его удалением из конечных фармацевтических продуктов стимулируют переход к более дешевым, распространенным и экологически безопасным переходным металлам 3d-ряда.

Никель, находящийся в той же подгруппе, что и палладий, обладает меньшим атомным радиусом и большей склонностью к процессам одноэлектронного переноса [8]. Это обуславливает его уникальную реакционную способность. Никелевые катализаторы способны активировать не только арилхлориды, но и фенольные производные (пивалаты, карбаматы, сульфаматы, мезилаты) и даже простые ариловые эфиры, связи C–O в которых обладают высокой энергией диссоциации [9]. Использование систем Ni(COD)₂ в комбинации с лигандами типа PCu₃ или NHC позволило проводить кросс-сочетание неактивированных электрофилов. Более того, никелевый катализ демонстрирует исключительную эффективность в реакциях Сузуки с алкилгалогенидами, содержащими водородные атомы, минимизируя конкурирующий процесс элиминирования [10].

Медь, долгое время ассоциировавшаяся преимущественно с реакциями Ульмана, также нашла применение в процессах типа Сузуки. Медные катализаторы, хотя и уступают палладиевым в универсальности, проявляют

высокую селективность при кросс-сочетании алкин- и винилборных кислот [11]. Использование солей меди (I) без добавления сложных лигандов открывает доступ к экономически выгодному синтезу симметричных и несимметричных биариллов в присутствии мягких оснований [12].

Механохимическая оптимизация условий кросс-сочетания

Традиционный жидкофазный синтез требует огромных объемов растворителей, которые составляют до 80-90% массы отходов химических производств. Переход к концепции «зеленой химии» потребовал глубокой оптимизации реакционных условий, направленной на минимизацию использования летучей органики. В этом контексте механохимия — проведение реакций под воздействием механической энергии в шаровых мельницах — стала революционным подходом в катализе переходными металлами [13].

В условиях вибрационной или планетарной шаровой мельницы реакция протекает в твердой фазе (или в виде густой пасты). Механическое воздействие мелющих тел обеспечивает непрерывное обновление поверхности контакта реагентов, что нивелирует диффузионные ограничения, характерные для традиционных твердофазных систем [14]. Оптимизация механохимической реакции Сузуки-Мияуры часто включает использование метода жидкостных добавок (Liquid-Assisted Grinding, LAG) [15]. Добавление микроколичеств растворителя обычно этанола или этилацетата улучшает массоперенос, стабилизирует интермедиаты и способствует сохранению каталитической активности палладия.

Примечательно, что катализаторы кросс-сочетания ведут себя в механохимических условиях иначе, чем в растворе. Классические комплексы, такие как $\text{Pd}(\text{OAc})_2$ или $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$, в условиях интенсивного трения и локального разогрева могут быстро дезактивироваться или агрегировать [16]. Поэтому для твердофазного синтеза были разработаны специальные каталитические системы. Отличные результаты показывают предкатализаторы на основе оксида графена, нагруженного наночастицами палладия, а также механически стабильные NHC-комплексы [17]. Использование твердых неорганических солей (например, NaCl или K_2CO_3) в качестве сыпучей матрицы помогает распределить тепловую энергию от соударений шаров и предотвратить термический распад катализатора.

Заключение

Развитие катализаторов на основе переходных металлов для реакции Сузуки-Мияуры продолжает оставаться одной из самых динамичных областей

органической химии [18-20]. Переход от классических фосфиновых комплексов палладия к высокоактивным металлоциклам и ННС-катализаторам позволил решить проблему кросс-сочетания инертных арилхлоридов. Внедрение никелевых и медных систем расширило границы применимости реакции на новые классы электрофилов и позволило снизить стоимость химического синтеза. Важнейшим вектором современного этапа исследований стала глубокая механохимическая оптимизация каталитических процессов. Твердофазные условия не только соответствуют строгим экологическим стандартам, исключая токсичные растворители, но и открывают новые горизонты селективности. Особенно ярко это проявляется в химии гетероциклических соединений, где шаровые мельницы обеспечивают быстрый и эффективный синтез сложных архитектур на основе фурана и тиюфена без риска деградации исходных субстратов. Будущее катализа кросс-сочетания неразрывно связано с синергией дизайна новых лигандов для базовых металлов и инженерных решений в области механохимии.

Список литературы

1. Miyaura N., Suzuki A. Palladium-catalyzed cross-coupling reactions of organoboron compounds // *Chemical reviews*. – 1995. – Т. 95. – №. 7. – С. 2457-2483. <https://doi.org/10.1021/cr00039a007>.
2. Martin R., Buchwald S. L. Palladium-catalyzed Suzuki-Miyaura cross-coupling reactions employing dialkylbiaryl phosphine ligands // *Accounts of chemical research*. – 2008. – Т. 41. – №. 11. – С. 1461. [10.1021/ar800036s](https://doi.org/10.1021/ar800036s).
3. Old D. W., Wolfe J. P., Buchwald S. L. A highly active catalyst for palladium-catalyzed cross-coupling reactions: room-temperature Suzuki couplings and amination of unactivated aryl chlorides // *Journal of the American Chemical Society*. – 1998. – Т. 120. – №. 37. – С. 9722-9723. <https://doi.org/10.1021/ja982250+>.
4. Huang X., Anderson K. W., Zim D., Jiang L., Klapars A., Buchwald S. L. Expanding Pd-Catalyzed C-N Bond-Forming Processes: The First Amidation of Aryl Sulfonates, Aqueous Amination, and Complementarity with Cu-Catalyzed Reactions // *Journal of the American Chemical Society*. – 2003. – Т. 125. – №. 22. – С. 6653-6655. <https://doi.org/10.1021/ja035483w>.
5. Barder T. E., Walker S. D., Martin J. R., Buchwald S. L. Catalysts for Suzuki-Miyaura Coupling Processes: Scope and Studies of the Effect of Ligand

Structure // Journal of the American Chemical Society. – 2005. – Т. 127. – №. 14. – C. 4685-4696. DOI 10.1021/ja042491j.

6. Biscoe M. R., Fors B. P., Buchwald S. L. A New Class of Easily Activated Palladium Precatalysts for Facile C-N Cross-Coupling Reactions and the Low Temperature Oxidative Addition of Aryl Chlorides // Journal of the American Chemical Society. – 2008. – Т. 130. – №. 21. – C. 6686-6687. <https://doi.org/10.1021/ja801137k>.

7. Billingsley K. L., Anderson K. W., Buchwald S. L. A highly active catalyst for Suzuki-Miyaura cross-coupling reactions of heteroaryl compounds // Angewandte chemie-international edition in English. – 2006. – Т. 45. – №. 21. – C. 3484-3488. 10.1002/anie.200600493.

8. Ruiz-Castillo P., Buchwald S. L. Applications of palladium-catalyzed C–N cross-coupling reactions // Chemical reviews. – 2016. – Т. 116. – №. 19. – C. 12564-12649. 10.1021/acs.chemrev.6b00512.

9. Biffis A. et al. Pd metal catalysts for cross-couplings and related reactions in the 21st century: a critical review // Chemical Reviews. – 2018. – Т. 118. – №. 4. – C. 2249-2295. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00443>.

10. O'Brien C. J. et al. Easily prepared air-and moisture-stable Pd–NHC (NHC= N-heterocyclic carbene) complexes: a reliable, user-friendly, highly active palladium precatalyst for the Suzuki–Miyaura reaction // Chemistry–A European Journal. – 2006. – Т. 12. – №. 18. – C. 4743-4748. <https://doi.org/10.1002/chem.200600251>.

11. Kantchev E. A. B., O'Brien C. J., Organ M. G. Palladium complexes of N-heterocyclic carbenes as catalysts for cross-coupling reactions—A synthetic chemist's perspective // Angewandte Chemie International Edition. – 2007. – Т. 46. – №. 16. – C. 2768-2813. <https://doi.org/10.1002/anie.200601663>.

12. Rosen, B. M.; Quasdorf, K. W.; Wilson, D. A.; Zhang, N.; Resmerita, A.-M.; Garg, N. K.; Percec, V. Nickel-Catalyzed Cross-Couplings Involving Carbon–Oxygen Bonds. Chem. Rev. 2011, 111, 1346-1416. <https://doi.org/10.1021/cr100259t>.

13. Tasker S. Z., Standley E. A., Jamison T. F. Recent advances in homogeneous nickel catalysis // Nature. – 2014. – Т. 509. – №. 7500. – C. 299-309. doi:10.1038/nature13274.

14. Mesganaw T., Garg N. K. Ni-and Fe-catalyzed cross-coupling reactions of phenol derivatives // Organic Process Research & Development. – 2013. – Т. 17. – №. 1. – C. 29-39. <https://doi.org/10.1021/op300236f>.

15. Zhang H. et al. Copper-catalyzed cross-coupling reactions for C–P bond formation // RSC advances. – 2015. – Т. 5. – №. 65. – С. 52824-52831. <https://doi.org/10.1039/c5ra08858e>.
16. Wang G. W. Mechanochemical organic synthesis // Chemical Society Reviews. – 2013. – Т. 42. – №. 18. – С. 7668-7700. <https://doi.org/10.1039/c3cs35526h>
17. Do J. L., Frišćić T. Mechanochemistry: a force of synthesis // ACS central science. – 2017. – Т. 3. – №. 1. – С. 13-19. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.6b00277>
18. Laskar R. et al. Sustainable C–H functionalization under ball-milling, microwave-irradiation and aqueous media // Green Chemistry. – 2022. – Т. 24. – №. 6. – С. 2296-2320. <https://doi.org/10.1039/d1gc04530j>
19. Seo T. et al. Solid-state Suzuki–Miyaura cross-coupling reactions: olefin-accelerated C–C coupling using mechanochemistry // Chemical science. – 2019. – Т. 10. – №. 35. – С. 8202-8210. <https://doi.org/10.1039/c9sc02185j>
20. Cuccu F. et al. Mechanochemistry: new tools to navigate the uncharted territory of “impossible” reactions // ChemSusChem. – 2022. – Т. 15. – №. 17. – С. e202200362. <https://doi.org/10.1002/cssc.202200362>

© Гнатюк И.Г., Лаврентьев И.В., Рогов Р.С.,
Малахов А.Ю., Афанасьева М.Д.

СИНТЕЗ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В УСЛОВИЯХ МЕХАНОХИМИИ: ОТ НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ К ВЫСОКОАКТИВНЫМ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСАМ

Гнатюк Ирина Геннадьевна
Лаврентьев Игорь Вячеславович
Рогов Ростислав Сергеевич
Малахов Алексей Юрьевич
Асеева Юлия Михайловна

студенты

Научный руководитель: **Александров Андрей Анатольевич**

к.х.н., доцент

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

Аннотация: В последние десятилетия в органической химии наблюдается устойчивая тенденция перехода от катализаторов на основе благородных металлов к более доступным и экологически безопасным системам на основе базовых металлов, среди которых никель занимает ведущие позиции. Настоящая обзорная статья посвящена современным методам синтеза никелевых катализаторов с использованием механохимической активации в шаровых мельницах. Твердофазный подход позволяет обойти многие ограничения традиционного жидкофазного синтеза, минимизируя использование токсичных растворителей и снижая вероятность побочных реакций деградации. В обзоре подробно рассматриваются процессы механохимического конструирования гетерогенных нанесенных систем, никельсодержащих металл-органических каркасов (MOF), а также *in situ* синтез координационных соединений никеля. Отдельное внимание уделено тому, как тонкая оптимизация механических параметров и применение жидкостных добавок (LAG) позволяют создавать катализаторы для сложных синтетических задач, таких как региоселективная C3-H функционализация гетероциклов (фурана и тиофена). Показано, что механохимия открывает новые горизонты для создания эффективных и устойчивых химических технологий.

Ключевые слова: никелевые катализаторы, механохимия, шаровая мельница, кросс-сочетание, гетероциклы.

**SYNTHESIS OF NICKEL CATALYSTS UNDER
MECHANOCHEMISTRY CONDITIONS: FROM NANO-SCALE
SYSTEMS TO HIGHLY ACTIVE METAL COMPLEXES**

Gnatiuk Irina Gennadyevna
Lavrentyev Igor Vyacheslavovich
Rogov Rostislav Sergeevich
Malakhov Alexey Yurevich
Aseeva Yulia Mikhailovna
students

Scientific supervisor: **Andrey Anatolyevich Aleksandrov**
PhD (Chemistry), Associate Professor
SUSPU (M.I. Platov National Polytechnic Institute)

Abstract: In recent decades, organic chemistry has seen a steady shift from noble metal-based catalysts to more accessible and environmentally friendly systems based on base metals, among which nickel occupies a leading position. This review article focuses on modern methods for the synthesis of nickel catalysts using mechanochemical activation in ball mills. The solid-phase approach overcomes many of the limitations of traditional liquid-phase synthesis, minimizing the use of toxic solvents and reducing the likelihood of side degradation reactions. The review covers in detail the mechanochemical construction of heterogeneous supported systems, nickel-containing metal–organic frameworks (MOFs), and the in situ synthesis of nickel coordination compounds. Particular attention is paid to how fine-tuning mechanical parameters and the use of liquid additives (LAG) enable the creation of catalysts for complex synthetic applications, such as the regioselective C3-H functionalization of heterocycles (furan and thiophene). It is demonstrated that mechanochemistry opens new horizons for the development of efficient and sustainable chemical technologies.

Key words: nickel catalysts, mechanochemistry, ball mill, cross-coupling, heterocycles.

ВВЕДЕНИЕ

Современная химическая парадигма требует разработки ресурсосберегающих и экологически чистых методов получения сложных

органических молекул. В этом контексте металлокомплексный катализ играет фундаментальную роль, однако традиционная опора на такие драгоценные металлы, как палладий, родий и рутений, сопряжена с высокими экономическими затратами и проблемами удаления следовых количеств металлов из конечных фармацевтических субстанций [1]. В связи с этим колоссальный интерес исследователей сместился в сторону базовых 3d-металлов. Никель, благодаря своему меньшему атомному радиусу, легкости изменения степеней окисления (от 0 до +3) и склонности к процессам одноэлектронного переноса, стал мощной альтернативой палладию [2].

Тем не менее синтез и использование никелевых катализаторов (особенно высокоактивных комплексов никеля(0)) традиционно осложняются их чувствительностью к кислороду воздуха и влаге, а также проблемами агрегации в растворах [3]. Перевод процессов конструирования катализаторов в твердую фазу с использованием механохимической активации в вибрационных или планетарных шаровых мельницах представляет собой революционный подход, решающий многие из этих проблем [4]. Энергия механического удара и сдвига индуцирует фазовые переходы и химические реакции без необходимости использования огромных объемов координирующих или токсичных растворителей [5]. Настоящий обзор освещает последние достижения в области механохимического синтеза гетерогенных и гомогенных (впоследствии работающих *in situ*) никелевых катализаторов и рассматривает их применение в передовых задачах органического синтеза.

1. Особенности никеля и основы механохимического подхода

Уникальная реакционная способность никеля обусловлена его способностью активировать инертные связи, такие как C–O в фенольных производных и эфирах, а также легко вступать в реакции с алкилгалогенидами без нежелательного - гидридного элиминирования [6, 7]. Однако классические методы получения никелевых катализаторов, такие как осаждение, пропитка носителей или кристаллизация координационных комплексов из растворов, многостадийны и экологически невыгодны.

Механохимия предлагает прямой путь конструирования каталитически активных частиц. При соударении мелющих тел (шаров) со стенками реактора кинетическая энергия преобразуется в локальный разогрев, генерацию высокого давления и образование множественных дефектов кристаллической решетки реагентов [8]. Это приводит к формированию свежих, высокореакционных поверхностей, что критически важно для синтеза

катализаторов. Важнейшим инструментом в этой области стал метод Liquid-Assisted Grinding (LAG) — добавление микроколичеств жидкости (обычно $\eta \leq 1$ мкл/мг), которая не растворяет систему, но кардинально улучшает диффузию и массоперенос на границе раздела твердых фаз [9].

2. Механохимический синтез гетерогенных никелевых катализаторов

Гетерогенные никелевые катализаторы широко применяются в процессах гидрирования, риформинга и окисления. Получение высокодисперсных наночастиц никеля традиционными методами требует высоких температур прокаливании и восстановления в токе водорода. В условиях шарового помола этот процесс значительно упрощается.

Совместное измельчение солей никеля (например, $Ni(NO_3)_2$ или $NiCl_2$) с твердыми носителями (оксид алюминия, диоксид титана, углеродные нанотрубки или графен) в присутствии твердых восстановителей, таких как боргидрид натрия ($NaBH_4$) или даже порошки более активных металлов (цинк, магний), позволяет получать наночастицы никеля(0) с узким распределением по размерам [10]. Интенсивное механическое воздействие предотвращает агрегацию частиц, "вбивая" их в поры или дефекты носителя.

Особое направление составляет синтез никельсодержащих металл-органических каркасов (Ni-MOF). Такие структуры, обладающие высокой пористостью, в растворах синтезируются сутками при высоких температурах. В то же время механохимический синтез из ацетата никеля и органических линкеров (например, тримезиновой кислоты) протекает за 15-30 минут [11]. Полученные Ni-MOF выступают как самостоятельные катализаторы окислительно-восстановительных реакций или служат идеальными темплатами для последующего контролируемого пиролиза, дающего доступ к катализаторам типа "никель в углеродной матрице".

3. Твердофазное конструирование комплексов никеля

В тонком органическом синтезе наиболее востребованы дискретные металлокомплексы. Синтез координационных соединений никеля с фосфиновыми, бипиридиновыми или N-гетероциклическими карбеновыми (NHC) лигандами в шаровой мельнице продемонстрировал выдающиеся результаты [12].

При совместном помоле доступных неорганических солей никеля(II) с органическими лигандами в присутствии слабых оснований образование комплексов протекает с количественным выходом. Отсутствие координирующих растворителей предотвращает конкурентное связывание

молекул среды с центром никеля. Это особенно актуально для получения предкатализаторов, которые в растворах быстро деградируют или выпадают в осадок в виде неактивных полимерных структур [13].

Более того, механохимия позволяет осуществлять сборку активного катализатора *in situ* непосредственно перед реакцией. Вместо использования дорогостоящего и крайне нестабильного $Ni(COD)_2$ (бис(цикло-октадиен)никель(0)), исследователи разработали протоколы, где стабильные соли $Ni(II)$ перетираются с лигандами и восстановителями (например, марганцем) непосредственно в реакционной смеси [13]. Это генерирует высокоактивные частицы $L_nNi(0)$ *in situ*, делая никелевый катализ доступным даже для лабораторий, не оснащенных боксами.

4. Оптимизация параметров для конструирования сложных архитектур и функционализации гетероциклов

Эффективность синтезированных механохимическим путем никелевых катализаторов ярко проявляется в конструировании сложных органических молекул. Переход к твердофазным условиям требует не просто механического переноса жидкофазных протоколов, а глубокую оптимизацию всех параметров реакционной системы: частоты вибрации, времени помола, материала мелющих тел (цирконий, нержавеющая сталь) и выбора специфических LAG-агентов [13].

Наиболее перспективным применением никелевых катализаторов, генерируемых *in situ* в шаровой мельнице, является прямая функционализация инертных C-H связей в избыточных гетероциклах. Фармацевтически значимые остовы, такие как фуран и тиофен, традиционно сложны для катализа из-за их склонности к полимеризации, раскрытию цикла или отравлению катализатора (за счет сильной координации серы тиофена к металлическим центрам).

Тщательная оптимизация механохимических параметров позволяет блестяще обойти эти ограничения. Отсутствие жидкой фазы снижает мобильность гетероциклических субстратов, подавляя бимолекулярные процессы полимеризации. Никелевые комплексы, стабилизированные бидентатными азотсодержащими лигандами в твердой фазе, демонстрируют исключительную активность в реакциях направленной C3-H функционализации фуранов и тиофенов. За счет создания специфического микроокружения активного никелевого центра на границе раздела твердых фаз удается достичь высочайшей региоселективности, направляя реакцию арилирования или алкилирования в термодинамически менее выгодные положения гетероцикла.

Использование LAG-метода с добавлением экологически чистых жидкостей (например, этилацетата) стабилизирует интермедиаты цикла металлирования-депротонирования, обеспечивая выходы целевых функционализированных фуранов и тиофенов, значительно превосходящие жидкофазные аналоги.

Заключение

Механохимический синтез каталитических систем на основе никеля представляет собой мощный шаг на пути к устойчивой и безопасной химии. Замена дорогих благородных металлов на никель в сочетании с полным или частичным отказом от органических растворителей отвечает самым строгим экологическим стандартам. Инструментарий шаровых мельниц доказал свою универсальность: от простого диспергирования наночастиц и синтеза MOF до прецизионной сборки чувствительных металлокомплексов никеля(0) и никеля(II). Успешная реализация механохимических протоколов для направленной C3-H функционализации сложных и капризных гетероциклов, таких как фуран и тиофен, подчеркивает, что твердофазный дизайн реакций способен обеспечивать уникальную хемо- и региоселективность. Дальнейшее развитие аппаратной базы, расширение спектра доступных лигандов и внедрение методов спектроскопии *in situ* для изучения механизмов твердофазных процессов несомненно закрепят за механохимией статус одной из главных технологий химического синтеза будущего.

Список литературы

1. Rosen B. M. et al. Nickel-catalyzed cross-couplings involving carbon–oxygen bonds // *Chemical reviews*. – 2011. – Т. 111. – №. 3. – С. 1346-1416. <https://doi.org/10.1021/cr100259t>
2. James S. L. et al. Mechanochemistry: opportunities for new and cleaner synthesis // *Chemical Society Reviews*. – 2012. – Т. 41. – №. 1. – С. 413-447. <https://doi.org/10.1039/c1cs15171a>
3. Wang G. W. Mechanochemical organic synthesis // *Chemical Society Reviews*. – 2013. – Т. 42. – №. 18. – С. 7668-7700. <https://doi.org/10.1039/c3cs35526h>
4. Mesganaw T., Garg N. K. Ni-and Fe-catalyzed cross-coupling reactions of phenol derivatives // *Organic Process Research & Development*. – 2013. – Т. 17. – №. 1. – С. 29-39. <https://doi.org/10.1021/op300236f>

5. Knappe C. E. I. et al. Reductive cross-coupling reactions between two electrophiles // *Chemistry–A European Journal*. – 2014. – Т. 20. – №. 23. – С. 6828-6842. <https://doi.org/10.1002/chem.201402302>
6. Bowmaker G. A. Solvent-assisted mechanochemistry // *Chemical Communications*. – 2012. – Т. 49. – №. 4. – С. 334-348. <https://doi.org/10.1039/c2cc35694e>
7. Xia K. et al. Mechanochemical templated synthesis of mesoporous alumina-supported polyoxometalate catalysts toward selective oxidation of sulfides // *RSC Mechanochemistry*. – 2025. – Т. 2. – №. 3. – С. 394-398. <https://doi.org/10.1039/d4mr00130c>
8. Mottillo C., Frišćić T. Advances in solid-state transformations of coordination bonds: from the ball mill to the aging chamber // *Molecules*. – 2017. – Т. 22. – №. 1. – С. 144. <https://doi.org/10.3390/molecules22010144>
9. Garay A. L., Pichon A., James S. L. Solvent-free synthesis of metal complexes // *Chemical Society Reviews*. – 2007. – Т. 36. – №. 6. – С. 846-855. <https://doi.org/10.1039/b600363j>
10. Rightmire N. R., Hanusa T. P. Advances in organometallic synthesis with mechanochemical methods // *Dalton Transactions*. – 2016. – Т. 45. – №. 6. – С. 2352-2362. <https://doi.org/10.1039/c5dt03866a>
11. Konnert L. et al. Solventless Synthesis of N-Protected Amino Acids in a Ball Mill // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. – 2013. – Т. 1. – №. 9. – С. 1186-1191. <https://doi.org/10.1021/sc4001115>
12. Achar T. K., Bose A., Mal P. Mechanochemical synthesis of small organic molecules // *Beilstein journal of organic chemistry*. – 2017. – Т. 13. – №. 1. – С. 1907-1931. <https://doi.org/10.3762/bjoc.13.186>
13. Frišćić T., Mottillo C., Titi H. M. Mechanochemistry for synthesis // *Angewandte Chemie*. – 2020. – Т. 132. – №. 3. – С. 1030-1041 <https://doi.org/10.1002/ange.201906755>

© Гнатюк И.Г., Лаврентьев И.В., Рогов Р.С.,
Малахов А.Ю., Асеева Ю.М.

**ЭВОЛЮЦИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РЕАКЦИИ
БУХВАЛЬДА-ХАРТВИГА: ОТ КЛАССИЧЕСКИХ ПАЛЛАДИЕВЫХ
КОМПЛЕКСОВ ДО МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ**

**Гнатюк Ирина Геннадьевна
Лаврентьев Игорь Вячеславович
Рогов Ростислав Сергеевич
Дзюба Максим Андреевич
Афанасьева Мария Дмитриевна**

студенты

Научный руководитель: **Александров Андрей Анатольевич**

к.х.н., доцент

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

Аннотация: Реакция Бухвальда-Хартвига представляет собой один из наиболее мощных и универсальных инструментов современной органической химии для формирования связи углерод-азот. Настоящая обзорная статья посвящена эволюции каталитических систем, применяемых в этом процессе кросс-сочетания. Рассматривается исторический путь развития от первых поколений палладиевых катализаторов с простыми арилфосфиновыми лигандами до современных высокоактивных предкатализаторов на основе диалкилбиарилфосфинов (лиганды Бухвальда) и палладациклов (G1–G4). Отдельное внимание уделяется переходу от традиционного жидкофазного синтеза к экологически безопасным твердофазным процессам.

Ключевые слова: реакция Бухвальда-Хартвига, кросс-сочетание, палладиевые катализаторы, фосфиновые лиганды, механохимия.

**EVOLUTION OF CATALYTIC SYSTEMS
IN THE BUCHWALD-HARTWIG REACTION:
FROM CLASSICAL PALLADIUM COMPLEXES
TO MECHANOCHEMICAL APPROACHES**

Gnatiuk Irina Gennadievna

Lavrentiev Igor Vyacheslavovich

Rogov Rostislav Sergeevich

Dzyuba Maksim Andreevich

Afanaseva Maria Dmitrievna

students

Scientific supervisor: **Aleksandrov Andrey Anatolievich**

PhD (Chemistry), Associate Professor

SUSPU (M.I. Platov National Polytechnic Institute)

Abstract: The Buchwald-Hartwig reaction is one of the most powerful and versatile tools in modern organic chemistry for the formation of carbon-nitrogen bonds. This review article examines the evolution of catalytic systems used in this cross-coupling process. It examines the historical development path from the first generations of palladium catalysts with simple arylphosphine ligands to modern, highly active precatalysts based on dialkylbiarylphosphines (Buchwald ligands) and palladium cycles (G1–G4). Particular attention is given to the transition from traditional liquid-phase synthesis to environmentally friendly solid-phase processes.

Key words: Buchwald-Hartwig reaction, cross-coupling, palladium catalysts, phosphine ligands, mechanochemistry.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование связи углерод-азот (C–N) является фундаментальной задачей в органическом синтезе, поскольку ариламины и гетероариламины составляют структурную основу огромного количества фармацевтических препаратов, агрохимикатов, красителей и материалов для органической электроники [1]. До середины 1990-х годов синтез таких соединений опирался преимущественно на классические методы, такие как реакция Ульмана или нуклеофильное ароматическое замещение (S_NAr). Однако эти подходы имели существенные ограничения: необходимость использования жестких условий (высокие температуры, стехиометрические количества соединений меди) и узкий субстратный охват, ограниченный электронодефицитными арилгалогенидами [2]. Настоящий прорыв произошел в 1995 году, когда

независимые исследовательские группы Стивена Бухвальда и Джона Хартвига сообщили о палладий-катализируемом кросс-сочетании арилгалогенидов с аминами в присутствии сильных оснований [3, 4]. Это открытие положило начало стремительному развитию новой области металлокомплексного катализа. Эволюция реакции Бухвальда-Хартвига неразрывно связана с направленным дизайном лигандов для палладия, который позволил последовательно преодолевать барьеры реакционной способности: от вовлечения инертных арилхлоридов до сочетания со стерически затрудненными первичными и вторичными аминами [5]. В последние годы фокус исследований смещается в сторону экологизации процесса, где важнейшую роль играет механохимическая активация, позволяющая отказаться от использования растворителей и изменить классические термодинамические профили реакций. Настоящий обзор систематизирует этапы развития катализаторов Бухвальда-Хартвига и рассматривает современные твердофазные тенденции в этой области.

Первые поколения катализаторов: преодоление начальных барьеров

Первые каталитические системы для реакции Бухвальда-Хартвига базировались на использовании простых монодентатных фосфинов, таких как три-орто-толилфосфин ($P(o\text{-tolyl})_3$), в комбинации с источниками Pd^0 , например, $Pd_2(dba)_3$. Эти системы позволили проводить сочетание арилбромидов и арилиодидов с вторичными аминами [6]. Однако их существенным недостатком была склонность интермедиатов к побочной реакции β -гидридного элиминирования, что приводило к образованию нецелевых арен-восстановленных продуктов и иминов вместо желаемых ариламинов. Кроме того, первичные амины и инертные арилхлориды оставались за рамками субстратного охвата. Решение проблемы β -гидридного элиминирования было найдено с внедрением бидентатных фосфиновых лигандов, таких как BINAP, DPPF и Xantphos [7, 8]. Бидентатные лиганды, координируясь к палладиевому центру, ограничивают количество свободных координационных мест и создают стерические препятствия для расположения связи $Pd-C$ и β -водородного атома, тем самым подавляя побочные процессы. Это позволило успешно вовлечь в реакцию первичные амины и значительно повысить выходы целевых продуктов [9]. Тем не менее активация доступных арилхлоридов требовала более высоких температур и длительного времени реакции.

Диалкилбиарилфосфиновые лиганды (лиганды Бухвальда)

Настоящая революция в кросс-сочетании C–N произошла с разработкой группой Бухвальда семейства объемных, электронодонорных монодентатных диалкилбиарилфосфиновых лигандов [10]. Стратегический дизайн этих молекул позволил одновременно ускорить все три ключевые стадии каталитического цикла: окислительное присоединение, обмен амина (образование амидного комплекса) и восстановительное элиминирование. Электронодонорная диалкилфосфиновая группа (обычно ди-трет-бутил- или дициклогексилфосфиновая) повышает электронную плотность на атоме палладия, кардинально ускоряя окислительное присоединение даже самых инертных арилхлоридов [11]. Объемный биарильный остов способствует формированию каталитически активных 12-электронных монолигандных комплексов $L1Pd0$. Более того, π -взаимодействие нижнего арильного кольца лиганда с вакантной орбиталью палладия стабилизирует интермедиаты, предотвращая деградацию катализатора. Создание специализированных лигандов позволило решить узкие синтетические задачи. Например, лиганд XPhos стал универсальным решением для кросс-сочетания широкого спектра арилхлоридов и арилтозилатов [12]. Лиганд BrettPhos и его производные (tBuBrettPhos) были специально разработаны для селективного моноарилирования первичных аминов, полностью исключая образование диариламинов, а лиганд RuPhos продемонстрировал выдающуюся активность в сочетании вторичных аминов [13].

Предкатализаторы нового поколения. Несмотря на высокую эффективность лигандов Бухвальда, их использование в комбинации с традиционными источниками палладия (такими как $Pd(OAc)_2$ или $Pd_2(dba)_3$) часто требовало длительного времени индукции для формирования активной частицы $L1Pd0$. В некоторых случаях dba (дибензилиденацетон) выступал в роли ингибитора, прочно связываясь с металлическим центром [14]. Для решения этой проблемы были разработаны предкатализаторы на основе палладациклов. Оптимизация структуры этих комплексов привела к созданию четырех поколений (G1–G4). Современные предкатализаторы G3 и G4 представляют собой стабильные на воздухе кристаллические вещества. Следует чётко различать: лиганд (фосфин) и палладациклический фрагмент — это разные структурные элементы предкатализатора. Согласно оригинальным работам Бухвальда, палладациклы содержат 2-аминобифенильный (для G2 и G3) или N-метилированный 2-аминобифенильный (для G4) фрагмент в качестве внутреннего лиганда (C,N-палладацикл), а в качестве уходящей группы —

хлорид (G1, G2) или мезилат (G3, G4). Таким образом, в предкатализаторах G3 и G4 атом палладия(II) координирован одновременно с фосфиновым лигандом и с бидентатным C,N-связывающим 2-аминобифенильным (или его N-метилированным) фрагментом [15]. При добавлении слабого основания в реакционную смесь происходит быстрое и количественное депротонирование с последующим восстановительным элиминированием карбазола (или его производных), что приводит к мгновенной генерации высокоактивной частицы $L1Pd^0$ [16]. Это позволило проводить реакции Бухвальда-Хартвига при комнатной температуре с загрузкой катализатора на уровне долей мольного процента.

Механохимическая оптимизация: переход к твердофазному катализу

Стремление к экологизации химического производства диктует необходимость отказа от токсичных растворителей (толуола, диоксана, ДМФА), традиционно используемых в реакциях кросс-сочетания. В этом контексте механохимия — проведение реакций под воздействием механической энергии в шаровых мельницах — открыла новую страницу в истории реакции Бухвальда-Хартвига [17]. Тщательная оптимизация параметров механохимического процесса, включая частоту соударений, материал мелющих тел и использование метода жидкостных добавок (Liquid-Assisted Grinding, LAG), позволила перенести сложнейшие каталитические циклы в твердую фазу [18]. В условиях интенсивного массопереноса без растворителя наблюдается колоссальное увеличение локальной концентрации реагентов, что кинетически ускоряет реакцию. Особый интерес представляет механохимическое аминирование π -избыточных гетероциклов. Короткое время реакции (часто 15-30 минут) и отсутствие сольватационной оболочки минимизируют побочные процессы полимеризации и окислительной деградации гетероциклов. Стабильные предкатализаторы, такие как PEPPSI-комплексы (с N-гетероциклическими карбенами) или палладациклы Бухвальда G3/G4, демонстрируют исключительную устойчивость к интенсивному трению в шаровых мельницах, сохраняя свою структуру и предотвращая образование неактивной палладиевой черни [19]. Применение инертных сыпучих носителей, таких как хлорид натрия или силикагель, в качестве диспергентов позволяет дополнительно контролировать температурный режим внутри реактора и обеспечивать равномерное распределение катализатора.

Заключение

Эволюция каталитических систем для реакции Бухвальда-Хартвига демонстрирует торжество рационального молекулярного дизайна. Путь от простых фосфинов к сложным, пространственно-затрудненным биарильным системам и палладациклам позволил превратить кросс-сочетание C–N из узкоспециализированного метода в рутинный и надежный инструмент синтетика. Сегодня фокус развития смещается от поиска новых лигандов к внедрению принципиально иных способов активации реакционных масс. Механохимия и проведение процессов в шаровых мельницах предоставляют уникальные возможности для экологичного и высокоселективного синтеза. Успешная твердофазная оптимизация условий реакций, особенно в области работы со сложными гетероциклическими системами вроде фуранов и тиофенов, доказывает, что синергия передового металлокомплексного катализа и механической активации будет определять облик органического синтеза в ближайшие десятилетия.

Список литературы

1. Ruiz-Castillo P., Buchwald S. L. Applications of palladium-catalyzed C–N cross-coupling reactions // *Chemical reviews*. – 2016. – Т. 116. – №. 19. – С. 12564-12649. [10.1021/acs.chemrev.6b00512](https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00512)
2. Evano G., Blanchard N., Toumi M. Copper-mediated coupling reactions and their applications in natural products and designed biomolecules synthesis // *Chemical reviews*. – 2008. – Т. 108. – №. 8. – С. 3054-3131. <https://doi.org/10.1021/cr8002505>
3. Guram A. S., Rennels R. A., Buchwald S. L. A simple catalytic method for the conversion of aryl bromides to arylamines // *Angewandte Chemie International Edition in English*. – 1995. – Т. 34. – №. 12. – С. 1348-1350. <https://doi.org/10.1002/anie.199513481>
4. Louie J., Hartwig J. F. Palladium-catalyzed synthesis of arylamines from aryl halides. Mechanistic studies lead to coupling in the absence of tin reagents // *Tetrahedron Letters*. – 1995. – Т. 36. – №. 21. – С. 3609-3612. [https://doi.org/10.1016/0040-4039\(95\)00605-C](https://doi.org/10.1016/0040-4039(95)00605-C)
5. Surry D. S., Buchwald S. L. Dialkylbiaryl phosphines in Pd-catalyzed amination: a user's guide // *Chemical Science*. – 2010. – Т. 2. – №. 1. – С. 27-50. <https://doi.org/10.1039/c0sc00331j>

6. Wolfe J. P. et al. Rational development of practical catalysts for aromatic carbon– nitrogen bond formation // *Accounts of chemical research*. – 1998. – T. 31. – №. 12. – C. 805-818. <https://doi.org/10.1021/ar9600650>
7. Hartwig J. F. Transition metal catalyzed synthesis of arylamines and aryl ethers from aryl halides and triflates: Scope and mechanism // *Angewandte Chemie International Edition*. – 1998. – T. 37. – №. 15. – C. 2046-2067. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3773\(19980817\)37:15<2046::AID-ANIE2046>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3773(19980817)37:15<2046::AID-ANIE2046>3.0.CO;2-L)
8. Driver M. S., Hartwig J. F. A second-generation catalyst for aryl halide amination: Mixed secondary amines from aryl halides and primary amines catalyzed by (DPPF) PdCl₂ // *Journal of the American Chemical Society*. – 1996. – T. 118. – №. 30. – C. 7217-7218. <https://doi.org/10.1021/ja960937t>
9. Schlummer B., Scholz U. Palladium-Catalyzed C-N and C-O Coupling—A Practical Guide from an Industrial Vantage Point // *Advanced Synthesis & Catalysis*. – 2004. – T. 346. – №. 13-15. – C. 1599-1626. <https://doi.org/10.1002/adsc.200404216>
10. Surry D. S., Buchwald S. L. Biaryl phosphane ligands in palladium-catalyzed amination // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2008. – T. 47. – №. 34. – C. 6338-6361. <https://doi.org/10.1002/anie.200800497>
11. Huang X. et al. Expanding Pd-catalyzed C– N bond-forming processes: the first amidation of aryl sulfonates, aqueous amination, and complementarity with Cu-catalyzed reactions // *Journal of the American Chemical Society*. – 2003. – T. 125. – №. 22. – C. 6653-6655. <https://doi.org/10.1021/ja035483w>
12. Fors B. P. et al. A highly active catalyst for Pd-catalyzed amination reactions: cross-coupling reactions using aryl mesylates and the highly selective monoarylation of primary amines using aryl chlorides // *Journal of the American Chemical Society*. – 2008. – T. 130. – №. 41. – C. 13552- 13554. [10.1021/ja8055358](https://doi.org/10.1021/ja8055358)
13. Bruno N. C., Tudge M. T., Buchwald S. L. Design and preparation of new palladium precatalysts for C–C and C–N cross-coupling reactions // *Chemical science*. – 2013. – T. 4. – №. 3. – C. 916-920. <https://doi.org/10.1039/c2sc20903a>
14. Bruno N. C., Buchwald S. L. Synthesis and application of palladium precatalysts that accommodate extremely bulky di-tert-butylphosphino biaryl ligands // *Organic letters*. – 2013. – T. 15. – №. 11. – C. 2876-2879. [10.1021/ol401208t](https://doi.org/10.1021/ol401208t)
15. Biscoe M. R., Fors B. P., Buchwald S. L. A New Class of Easily Activated Palladium Precatalysts for Facile C–N Cross-Coupling Reactions and Low Temperature Oxidative Addition of Aryl Chlorides // *Journal of the American Chemical Society*. – 2008. – T. 130. – №. 21. – C. 6686-6687. [10.1021/ja801137k](https://doi.org/10.1021/ja801137k)

16. Do J. L., Friščić T. Mechanochemistry: a force of synthesis //ACS central science. – 2017. – Т. 3. – №. 1. – С. 13-19. [https:// doi.org/10.1021/acscentsci.6b00277](https://doi.org/10.1021/acscentsci.6b00277)
17. Wang G. W. Mechanochemical organic synthesis //Chemical Society Reviews. – 2013. – Т. 42. – №. 18. – С. 7668-7700. [https:// doi.org/10.1039/c3cs35526h](https://doi.org/10.1039/c3cs35526h)
18. Wang M., Fan T., Lin Z. DFT studies on copper-catalyzed arylation of aromatic C–H bonds // Organometallics. – 2012. – Т. 31. – №. 2. – С. 560-569. <https://doi.org/10.1021/om2007612>
19. Beillard A. et al. Mechanochemistry for facilitated access to N, N-diaryl NHC metal complexes // New Journal of Chemistry. – 2017. – Т. 41. – №. 3. – С. 1057-1063. <https://doi.org/10.1039/c6nj02895k>.

© Гнатюк И.Г., Лаврентьев И.В., Рогов Р.С.,
Дзюба М., Афанасьева М.Д.

**ПОЛУЧЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
ТРИАЗОЛИЕВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ
ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Лаврентьев Игорь Вячеславович

Рогов Ростислав Сергеевич

Дзюба Максим Андреевич

Асеева Юлия Михайловна

Афанасьева Мария Дмитриевна

студенты

Научный руководитель: **Александров Андрей Анатольевич**

к.х.н., доцент

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

Аннотация: Краткая обзорная работа посвящена методам синтеза и перспективам промышленного применения производных триазолия. Триазолиевые соли, включающие 1,2,3- и 1,2,4-изомеры, представляют собой важнейший класс азотсодержащих гетероциклических соединений. В данном кратком обзоре систематизированы основные подходы к их получению, включая методы прямого алкилирования и многокомпонентные реакции (в том числе на базе клик-химии). Детально рассмотрена роль триазолиевых солей как стабильных предшественников N-гетероциклических карбенов (NHC), которые совершили революцию в промышленном органокатализе и металлокомплексном катализе. Значительное внимание уделено использованию триазолиевых производных в качестве основы для нового поколения ионных жидкостей, обладающих расширенным электрохимическим окном и высокой термической стабильностью. Освещены также перспективы их применения в агрохимии, фармацевтике и материаловедении (включая антикоррозионные покрытия и энергоемкие материалы). Показано, что структурная гибкость триазолиевого катиона позволяет осуществлять тонкую оптимизацию физико-химических свойств конечных материалов под конкретные синтетические задачи.

Ключевые слова: триазолиевые соли, N-гетероциклические карбены, ионные жидкости, органокатализ, материаловедение.

PRODUCTION AND INDUSTRIAL APPLICATION OF TRIAZOLIUM DERIVATIVES: MODERN TRENDS AND PROSPECTS

Lavrentyev Igor Vyacheslavovich

Rogov Rostislav Sergeevich

Dzyuba Maxim Andreevich

Aseeva Yulia Mikhailovna

Afanasyeva Maria Dmitrievna

students

Scientific supervisor: **Alexandrov Andrey Anatolyevich**

PhD (Chemistry), Associate Professor

SUSPU (M.I. Platov National Polytechnic Institute)

Abstract: This brief review paper is devoted to the methods of synthesis and prospects for industrial application of triazolium derivatives. Triazolium salts, including 1,2,3- and 1,2,4-isomers, represent a key class of nitrogen-containing heterocyclic compounds. This brief review systematizes the main approaches to their preparation, including direct alkylation methods and multicomponent reactions (including those based on click chemistry). The role of triazolium salts as stable precursors of N-heterocyclic carbenes (NHC), which have revolutionized industrial organocatalysis and metal complex catalysis, is considered in detail. Considerable attention is paid to the use of triazolium derivatives as the basis for a new generation of ionic liquids with an extended electrochemical window and high thermal stability. Prospects for their application in agrochemistry, pharmaceuticals, and materials science (including anti-corrosion coatings and energy-intensive materials) are also highlighted. It has been shown that the structural flexibility of the triazolium cation enables fine-tuning of the physicochemical properties of the final materials for specific synthetic applications.

Key words: triazolium salts, N-heterocyclic carbenes, ionic liquids, organocatalysis, materials science.

ВВЕДЕНИЕ

Азотсодержащие гетероциклы составляют основу подавляющего большинства современных биологически активных молекул, функциональных материалов и промышленных катализаторов. Среди них триазолы

(пятичленные кольца, содержащие три атома азота) занимают особое место благодаря своей уникальной электронной структуре, высокой ароматичности и способности к образованию прочных водородных связей [1]. Кватернизация (алкилирование или арилирование) атомов азота в триазольном кольце приводит к образованию триазолиевых солей (производных триазолия).

В связи с этим последние два десятилетия интерес к триазолиевым производным со стороны академической науки и промышленности вырос многократно. Это связано, в первую очередь, с двумя глобальными технологическими прорывами: развитием химии стабильных N-гетероциклических карбенов (NHC), где соли триазолия выступают в качестве удобных прекурсоров [2], и бурным ростом индустрии ионных жидкостей (ИЖ) — "зеленых" растворителей и электролитов будущего [3].

Синтетическая доступность, возможность варьирования заместителей у различных атомов азота и углерода, а также исключительная химическая стабильность делают триазолиевые платформы идеальными кандидатами для масштабирования в промышленных условиях.

1. Методы получения триазолиевых производных

Стратегии синтеза триазолиевых солей можно глобально разделить на две категории: модификация существующего триазольного кольца и конструирование триазолиевого остова *de novo* из ациклических предшественников.

1.1. Алкилирование триазолов

Наиболее распространенным и промышленно масштабируемым методом получения солей триазолия является прямое N-алкилирование 1,2,3- или 1,2,4-триазолов. В качестве алкилирующих агентов традиционно используются алкилгалогениды (метилюидид, бензилбромид), диалкилсульфаты или соли Меервейна (тетрафторбораты триалкилоксония) [4]. Реакция обычно протекает при нагревании в полярных апротонных растворителях (ацетонитрил, ДМФА) или в условиях без растворителя (в расплаве). Важной задачей при алкилировании несимметричных триазолов является контроль региоселективности. Например, алкилирование 1-замещенных-1,2,3-триазолов преимущественно протекает по атому N3, что обусловлено стерическими и электронными факторами, приводя к образованию 1,3-дизамещенных-1,2,3-триазолиевых солей [5]. Оптимизацию выходов часто осуществляют путем варьирования температуры и использования микроволновой активации.

1.2. Подходы на основе «клик-химии»

Развитие медь-катализируемого азид-алкинового циклоприсоединения (CuAAC), за которое была присуждена Нобелевская премия, радикально упростило доступ к 1,4-дизамещенным 1,2,3-триазолам [6]. Последующее алкилирование этих «клик»-продуктов открыло путь к огромной библиотеке 1,3,4-тризамещенных триазиольных солей.

Кроме того, существуют методы многокомпонентного синтеза, позволяющие получать соли триазиолия в одну стадию (one-pot). К ним относится взаимодействие терминальных алкинов, органических азидов и алкилирующих агентов в присутствии катализаторов, что значительно сокращает время промышленного цикла и снижает объем химических отходов [7].

1.3. Синтез 1,2,4-триазиольных солей

Соли 1,2,4-триазиолия (часто используемые как прекурсоры катализаторов Эндерса) синтезируют конденсацией арилгидразинов с амидами или производными иминовых кислот с последующей циклизацией под действием ортоэфиров. Этот многостадийный подход позволяет вводить объемные заместители (например, мезитил или 2,6-диизопропилфенил), что критически важно для стерической защиты будущих карбеновых центров [8].

2. Триазиольные соли в катализе

Самым значимым применением производных триазиолия на сегодняшний день является их использование в качестве стабильных предшественников N-гетероциклических карбенов (NHC). Депротонирование триазиольной соли сильным основанием приводит к образованию карбена, который может выступать как самостоятельный катализатор (органокатализ) или как мощный донорный лиганд для переходных металлов [9].

2.1. Органокатализ

Триазиольные карбены проявили себя как уникальные органокатализаторы для процессов обращения полярности (умполунг). В отличие от имидазиольных аналогов, карбены на основе 1,2,4-триазиолия обладают оптимальным балансом нуклеофильности и способности выступать в роли уходящей группы [10]. Это сделало их незаменимыми в промышленных масштабах для проведения бензоиновой конденсации и реакции Штеттера (присоединение альдегидов к Михаэлевским акцепторам с образованием 1,4-дикарбонильных соединений).

Современные фармацевтические компании активно внедряют органокаталитические каскадные реакции с участием хиральных производных триазолия для энантиоселективного синтеза сложных молекул (например, бутиролактонов и циклопентанонов), минуя стадии с использованием токсичных тяжелых металлов [11].

2.2. Металлокомплексный катализ

Координация триазолиевых карбенов с металлами (палладий, рутений, золото, медь) приводит к формированию исключительно стабильных комплексов. В промышленных процессах кросс-сочетания (реакции Сузуки, Хека, Соногаширы) ННС-комплексы палладия постепенно вытесняют традиционные фосфиновые системы благодаря их устойчивости к окислению и деградации при высоких температурах [12]. Триазолиевые лиганды также успешно применяются в реакциях направленной С-Н функционализации и в процессах олефинового метатезиса, где тонкая настройка стерического объема лиганда позволяет достигать рекордных чисел оборотов катализатора (TON) [13].

3. Ионные жидкости на основе триазолия

Ионные жидкости (ИЖ) — это соли, температура плавления которых лежит ниже 100 °С. Благодаря ничтожно малому давлению насыщенных паров, негорючести и широкому окну жидкого состояния, они рассматриваются как экологичная замена летучим органическим растворителям [14].

Производные триазолия (особенно 1,2,3-триазолия) формируют класс ИЖ, обладающих рядом преимуществ по сравнению с классическими имидазолиевыми или пиридиниевыми ИЖ.

Термическая стабильность: Триазолиевые ИЖ демонстрируют более высокую устойчивость к термической деградации (часто выдерживают нагрев свыше 300°C), что делает их перспективными для высокотемпературных промышленных процессов и смазочных материалов [15].

Электрохимическое окно: Наличие трех атомов азота в цикле стабилизирует катион по отношению к катодному восстановлению, что обеспечивает более широкое электрохимическое окно (до 4.5–5.0 В). Это критически важно для их использования в качестве безопасных электролитов для литий-ионных аккумуляторов нового поколения и суперконденсаторов [16].

Экстракция и разделение: ИЖ на основе триазолия применяются в жидкостной экстракции для извлечения ионов тяжелых металлов и очистки нефтяных фракций от серосодержащих соединений (десульфуризация топлива). Их полярность можно легко варьировать за счет изменения длины алкильных цепей у атомов азота [17].

4. Агрохимия и фармацевтическая промышленность

Сам триазольный фармакофор является основой для широкого спектра коммерческих фунгицидов (пропиконазол, тебуконазол) и антимикотиков (флуконазол, итраконазол). Перевод этих структур в форму триазолиевых солей — кватернизация — открывает новые возможности для оптимизации их биодоступности и профиля токсичности [18].

Соли триазолия обладают высокой поверхностной активностью и способны разрушать клеточные мембраны патогенных микроорганизмов. В последние годы в промышленности разрабатываются катионные биоциды и дезинфицирующие средства на основе полимерных триазолиевых солей. В отличие от традиционных четвертичных аммониевых соединений (ЧАС), триазолиевые производные проявляют меньшую токсичность для млекопитающих и быстрее подвергаются биodeградации в окружающей среде [19]. В агрохимии триазолиевые соли исследуются как системные фунгициды нового поколения с пролонгированным действием, устойчивые к вымыванию из почвы.

5. Материаловедение и антикоррозионные покрытия

Высокое содержание азота и способность триазолиевых катионов к координации на поверхности металлов обусловили их применение в материаловедении.

Ингибиторы коррозии: Производные триазолия выступают как высокоэффективные «зеленые» ингибиторы коррозии для углеродистой стали и меди в кислых средах (например, при травлении металлов в металлургии). Катионы триазолия адсорбируются на поверхности металла, формируя плотную защитную пленку, препятствующую доступу агрессивных ионов [19].

Энергоемкие материалы: благодаря высокой энтальпии образования триазольного цикла, специфически функционализированные триазолиевые соли (например, содержащие нитро- или азидогруппы) активно исследуются в аэрокосмической промышленности как компоненты экологически чистых твердых ракетных топлив и малоудымных взрывчатых веществ, заменяя токсичный гидразин и его производные [19].

Заключение

Производные триазолия прошли стремительный путь от лабораторных курьезов до важнейших инструментов современной химической индустрии. Структурная пластичность, позволяющая независимо модифицировать различные положения гетероциклического остова, делает их идеальной платформой для направленного дизайна веществ с заданными свойствами. Сегодня триазолиевые соли незаменимы в качестве прекурсоров N-гетероциклических карбенов для передового промышленного катализа, обеспечивая протекание реакций с высокой селективностью и в мягких условиях. Как основа для нового поколения ионных жидкостей, они открывают пути к созданию безопасных энергоносителей и зеленых растворителей. Дальнейшие перспективы промышленного применения триазолиевых производных неразрывно связаны с масштабированием методов «клик-химии» и интеграцией этих соединений в технологии возобновляемой энергетики, фармации и создания умных материалов.

Список литературы

1. Saroha B. et al. A minireview of 1, 2, 3-triazole hybrids with O-heterocycles as leads in medicinal chemistry // Chemical Biology & Drug Design. – 2022. – Т. 100. – №. 6. – С. 843-869. <https://doi.org/10.1111/cbdd.13966>
2. Enders D., Niemeier O., Henseler A. Organocatalysis by N-heterocyclic carbenes // Chemical Reviews. – 2007. – Т. 107. – №. 12. – С. 5606-5655. <https://doi.org/10.1021/cr068372z>
3. Welton T. Room-temperature ionic liquids. Solvents for synthesis and catalysis // Chemical reviews. – 1999. – Т. 99. – №. 8. – С. 2071-2084. <https://doi.org/10.1021/cr980032t>
4. Begtrup M., Larsen P. Alkylation, acylation and silylation of azoles // Acta chemica scandinavica (Copenhagen. 1989). – 1990. – Т. 44. – №. 10. – С. 1050-1057. [10.3891/acta.chem.scand.44-1050](https://doi.org/10.3891/acta.chem.scand.44-1050)
5. Zhao X., DiRocco D. A., Rovis T. N-Heterocyclic Carbene and Brønsted Acid Cooperative Catalysis: Asymmetric Synthesis of trans- γ -Lactams // Journal of the American Chemical Society. – 2011. – Т. 133. – №. 32. – С. 12466-12469. [10.1021/ja205714g](https://doi.org/10.1021/ja205714g)
6. Meldal M., Tornøe C. W. Cu-catalyzed azide-alkyne cycloaddition // Chemical reviews. – 2008. – Т. 108. – №. 8. – С. 2952-3015. <https://doi.org/10.1021/cr0783479>

7. Schulze B., Schubert U. S. Beyond click chemistry—supramolecular interactions of 1, 2, 3-triazoles // *Chemical Society Reviews*. – 2014. – Т. 43. – №. 8. – С. 2522-2571. <https://doi.org/10.1039/c3cs60386e>
8. Hopkinson M. N. et al. An overview of N-heterocyclic carbenes // *Nature*. – 2014. – Т. 510. – №. 7506. – С. 485-496. doi:10.1038/nature13384
9. Flanigan D. M. et al. Organocatalytic reactions enabled by N-heterocyclic carbenes // *Chemical Reviews*. – 2015. – Т. 115. – №. 17. – С. 9307-9387. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00060>
10. Bugaut X., Glorius F. Organocatalytic umpolung: N-heterocyclic carbenes and beyond // *Chemical Society Reviews*. – 2012. – Т. 41. – №. 9. – С. 3511-3522. <https://doi.org/10.1039/c2cs15333e>
11. Biju A. T., Kuhl N., Glorius F. Extending NHC-catalysis: coupling aldehydes with unconventional reaction partners // *Accounts of chemical research*. – 2011. – Т. 44. – №. 11. – С. 1182-1195. <https://doi.org/10.1021/ar2000716>
12. Herrmann W. A., Köcher C. N-Heterocyclic carbenes // *Angewandte Chemie International Edition in English*. – 1997. – Т. 36. – №. 20. – С. 2162-2187. <https://doi.org/10.1002/anie.199721621>
13. Dröge T., Glorius F. The measure of all rings—N-heterocyclic carbenes // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2010. – Т. 49. – №. 39. – С. 6940-6952. <https://doi.org/10.1002/anie.201001865>
14. Wilkes J. S. A short history of ionic liquids—from molten salts to neoteric solvents // *Green Chemistry*. – 2002. – Т. 4. – №. 2. – С. 73-80. <https://doi.org/10.1039/b110838g>
15. Zhang S. et al. Physical properties of ionic liquids: database and evaluation // *Journal of physical and chemical reference data*. – 2006. – Т. 35. – №. 4. – С. 1475-1517. <https://doi.org/10.1063/1.2204959>
16. Armand M. et al. Ionic-liquid materials for the electrochemical challenges of the future // *Nature materials*. – 2009. – Т. 8. – №. 8. – С. 621-629. doi:10.1038/nmat2448
17. Plechkova N. V., Seddon K. R. Applications of ionic liquids in the chemical industry // *Chemical Society Reviews*. – 2008. – Т. 37. – №. 1. – С. 123-150. <https://doi.org/10.1039/b006677j>
18. MacFarlane D. R. et al. Energy applications of ionic liquids // *Energy & Environmental Science*. – 2013. – Т. 7. – №. 1. – С. 232-250. <https://doi.org/10.1039/c3ee42099j>

19. Obot I. B., Obi-Egbedi N. O., Umoren S. A. Antifungal drugs as corrosion inhibitors for aluminium in 0.1 M HCl // Corrosion Science. – 2009. – Т. 51. – №. 8. – С. 1868-1875. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2009.05.017>.

© Лаврентьев И.В., Рогов Р.С., Дзюба М.А.,
Асеева Ю.М., Афанасьева М.Д.

СЕКЦИЯ МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ ШИЗОФРЕНИИ: КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТААНАЛИЗ

Гацук Егор Андреевич

Осипенко Алексей Владимирович

студенты

Научный руководитель: **Осипенко Марина Дмитриевна**

ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава России

Аннотация: Данная работа представляет собой углубленный метаанализ патофизиологических, клинических и социально-психиатрических аспектов шизофрении. В статье синтезированы современные данные о нейромедиаторных нарушениях, роли дизонтогенеза центральной нервной системы и влиянии экзогенных факторов на манифестацию заболевания. Особое внимание уделено патогенезу фебрильных форм, специфике негативных расстройств и многофакторному анализу социального поведения пациентов. Результаты данного анализа подчеркивают необходимость интегративного подхода, объединяющего биологические маркеры и социальные предикторы для оптимизации диагностических и реабилитационных стратегий.

Ключевые слова: шизофрения, патофизиология, нейровоспаление, фебрильная шизофрения, дофамин, глутамат, социальная реадaptация, дизонтогенез.

PATHOPHYSIOLOGICAL AND SOCIO-CLINICAL DETERMINANTS OF SCHIZOPHRENIA: A COMPREHENSIVE METAANALYSIS

Gatsuk Egor Andreevich

Osipenko Alexey Vladimirovich

Scientific adviser: **Osipenko Marina Dmitrievna**

Abstract: This paper presents an in-depth metaanalysis of the pathophysiological, clinical, and socio-psychiatric aspects of schizophrenia. The article synthesizes modern data on neurotransmitter disorders, the role of dysontogenesis of the central nervous system, and the influence of exogenous factors on the manifestation of the disease. Special attention is paid to the pathogenesis of febrile forms, the specifics of negative disorders, and a multi-factor analysis of the

social behavior of patients. The results of the study emphasize the need for an integrative approach combining biological markers and social predictors to optimize diagnostic and rehabilitation strategies.

Key words: schizophrenia, pathophysiology, neuroinflammation, febrile schizophrenia, dopamine, glutamate, social readaptation, dysontogenesis.

Особое место в иерархии патологических состояний занимает фебрильная шизофрения — редкий и потенциально жизнеугрожающий вариант эндогенного психоза, сопровождающийся выраженной гипертермией, кататонической симптоматикой и тяжелыми соматическими осложнениями. По данным современных обзоров и клинических рекомендаций, летальность при фебрильной шизофрении варьирует в широких пределах и зависит от своевременности диагностики, тяжести состояния, наличия полиорганных осложнений и объема интенсивной терапии; использование точного универсального показателя летальности без указания конкретной выборки пациентов является некорректным [2]. Современные подходы к лечению основаны на принципах интенсивной терапии: коррекции гипертермии, инфузионной поддержке, мониторинге витальных функций, профилактике и лечении соматических осложнений, а также применении современной психофармакотерапии и при наличии показаний методов реанимационной поддержки в соответствии с действующими клиническими рекомендациями Российской Федерации [6]. Инсулинокоматозная терапия рассматривается как исторический метод и не входит в современные стандарты оказания психиатрической помощи пациентам с фебрильной шизофренией [6].

Современное понимание шизофрении как комплексной биологической патологии требует глубокого анализа взаимосвязанных механизмов, охватывающих генетическую предрасположенность, структурно-функциональные изменения головного мозга и социальные детерминанты [1]. Этиология данного расстройства неразрывно связана с процессом дизонтогенеза центральной нервной системы, где наследственные факторы вступают во взаимодействие с внешними патогенными влияниями. В семьях пациентов с шизофренией патология беременности и родов встречается в три раза чаще [2], чем в общей популяции, что указывает на острую роль акушерской патологии, такой как асфиксия и родовая травма, в качестве триггеров для проявления фенотипа манифестного заболевания. Эти воздействия на специфическую восходящую активирующую систему мозгового

ствола и диэнцефальную область создают основу для функциональной декомпенсации на более поздних этапах онтогенеза под влиянием стрессовых факторов.

Базовую основу патофизиологии шизофрении составляют нарушения нейромедиаторного обмена, прежде всего дофаминергической и глутаматергической систем. Согласно дофаминовой гипотезе, гиперактивность дофаминовых рецепторов в мезолимбическом пути коррелирует с продуктивной симптоматикой, в то время как дефицит дофамина в мезокортикальном пути лежит в основе когнитивных нарушений [2]. Параллельно с этим глутаматергическая дисфункция, характеризующаяся гипофункцией NMDA-рецепторов [2], рассматривается как ключевое звено в развитии нейрокогнитивного дефицита и негативных симптомов. Исследования показывают, что модуляторы NMDA-рецепторов, включая глицин, D-серин и саркозин, демонстрируют определенную эффективность в коррекции этих нарушений [2], что открывает перспективы для разработки таргетной фармакотерапии.

Патоморфологические изменения при шизофрении включают прогрессирующее снижение объема серого вещества в лобных и височных долях, расширение желудочков мозга и нарушение синаптической пластичности. Данные процессы тесно связаны с нейровоспалением, при котором активация микроглии и избыточный выброс провоспалительных цитокинов ведут к повреждению нейронов и нарушению целостности гематоэнцефалического барьера. Хроническое нейровоспаление не только усугубляет течение болезни, но и способствует формированию негативного симптомокомплекса [1], характеризующегося апатией, ангедонией и социальной отгороженностью. При этом важно дифференцировать первичные негативные симптомы, обусловленные патологическим процессом, от вторичных, возникающих вследствие социальной изоляции или побочных эффектов антипсихотической терапии [2].

Социальная сущность шизофрении проявляется в утрате пациентом «единства и свободы своей личности», что предопределяет особую сложность его жизненного пути. Многофакторный анализ социального поведения больных требует учета взаимодействия трех основных компонентов: синдрома (клинической картины), личности (преморбидных особенностей) и ситуации (микро- и макросоциальной среды). Динамика этих факторов определяет не только риск совершения общественно опасных действий, но и возможности для

социальной реабилитации. В судебно-психиатрической практике диагностика шизофрении осложняется наличием атипичных состояний, имитирующих психопатии или реактивные состояния, что требует глубокого понимания психопатологической сущности процесса для предотвращения экспертных ошибок.

Прогноз трудоспособности и социальной адаптации напрямую зависит от формы течения заболевания и своевременности медицинского вмешательства. При рекуррентной форме поспешное определение группы инвалидности часто является необоснованным, так как возможности компенсации остаются высокими при условии адекватной терапии. Напротив, при злокачественно-прогредиентных вариантах потеря трудоспособности наступает рано, требуя интенсивной поддержки [1]. Успех реабилитации больных с параноидной формой шизофрении критически зависит от непрерывности нейрорепаративной терапии, которая выступает важнейшим фактором стабилизации состояния и предотвращения рецидивов.

В заключение следует отметить, что шизофрения представляет собой гетерогенное заболевание, патофизиологические механизмы которого интегрируют генетическую уязвимость и каскад биохимических нарушений. Понимание социальной значимости психопатологических расстройств и роли факторов внешней среды позволяет сформировать более гуманную и эффективную модель психиатрической помощи. Дальнейшее изучение роли нейровоспаления и глутаматергической системы обеспечит базу для создания инновационных лекарственных средств, способных минимизировать когнитивный дефицит и улучшить качество жизни пациентов [1].

Список литературы

1. Кондратьев Ф. В. Судьбы больных шизофренией: клинико-социальный и судебно-психиатрический аспекты / Ф. В. Кондратьев. – Москва : Юридический Дом «Юстицинформ», 2010. – 402 с. – ISBN 978-5-9977-0014-9. – EDN QLXUUJ.
2. Шизофрения : Клинические рекомендации. Электронное издание. Проект / П. В. Алфимов, А. Н. Еричев, Н. Б. Лутова [и др.]; Российское общество психиатров. – Москва : Российское общество психиатров, 2019. – 119 с. – EDN FUZDWX.
3. Смирнова Д. А. Негативные симптомы шизофрении в фокусе исследователя, клинициста и пациента (по материалам 26-го Конгресса Европейской коллегии нейропсихофармакологии) / Д. А. Смирнова //

Психиатрия и психофармакотерапия. – 2014. – Т. 16, № 2. – С. 7–18. – EDN SFBUUF.

4. Петрова Н. Н. К вопросу о гетерогенности негативной симптоматики при шизофрении / Н. Н. Петрова // Социальная и клиническая психиатрия. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 81–87. – EDN XQAJAK.

5. Сорокин Ю. Н. Цереброваскулярные болезни: сопоставление кодов МКБ-10 и МКБ-11 / Ю. Н. Сорокин // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2020. – Т. 120, № 3. – С. 119–125. – DOI 10.17116/jnevro.2020120031119. – EDN EBTGOY.

6. Российское общество психиатров. Шизофрения у взрослых: клинические рекомендации. 2025. URL: <https://cr.minzdrav.gov.ru/> (дата обращения 05.08.2026).

© Гацук Е.А., Осипенко А.В.

**СЕКЦИЯ
ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Пузанова Наталья Сергеевна
Пуртова Валерия Александровна
студенты

Научный руководитель: **Жидкова Марина Исаковна**
к.ф.-м.н., доцент, доцент
Дальневосточный институт управления – филиал
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Российская академия народного хозяйства
и государственной службы
при Президенте Российской Федерации»

Аннотация: Сегодня почти все сферы жизни зависят от цифровых технологий: от банков и госуслуг до транспорта и связи. Вместе с тем хакеры всё чаще придумывают новые способы нарушить их работу, а Дальневосточный федеральный округ имеет важные транспортные узлы, системы связи, государственные сервисы и крупные предприятия. Их надежная защита критически важна для стабильности не только для макрорегиона, но и для всей страны. В статье рассматриваются ключевые исследования, опыт применения и будущие перспективы использования искусственного интеллекта для кибербезопасности в Дальневосточном федеральном округе.

Ключевые слова: искусственный интеллект, кибербезопасность, угрозы, мошенничество, уязвимость, кибератаки.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CYBERSECURITY: APPLICATION AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Puzanova Natalya Sergeevna
Purtova Valeria Alexandrovna
Scientific adviser: **Zhidkova Marina Isakovna**

Abstract: Today, almost all areas of life depend on digital technologies: from banks and public services to transport and communications. At the same time, hackers

are increasingly coming up with new ways to disrupt their operation, and the Far Eastern Federal District has important transport hubs, communication systems, public services, and large enterprises. Their reliable protection is critically important for the stability not only of the macroregion but also of the entire country. The article examines key studies, experience in implementation, and future prospects for using artificial intelligence for cybersecurity in the Far Eastern Federal District.

Key words: artificial intelligence, cybersecurity, threats, fraud, vulnerability, cyberattacks.

Цифровые технологии сейчас буквально везде, но у этой медали есть обратная сторона — кибератаки. Злоумышленники не дремлют: постоянно появляются новые способы украсть данные или нарушить работу сервисов. Проблема в том, что традиционная защита часто запаздывает — специалистам нужно время, чтобы изучить новую угрозу и придумать противоядие. Именно здесь на помощь приходит искусственный интеллект (далее – ИИ). Он способен молниеносно обрабатывать огромные массивы информации, вычислять подозрительную активность и даже прогнозировать будущие атаки. Это делает защиту информации не просто надежнее, но и гораздо оперативнее.

Согласно Указу Президента РФ от 10.10.2019 N 490 «О развитии искусственного интеллекта в РФ», одним из основных принципов развития и использования технологий ИИ является безопасность и использование ИИ в целях обеспечения информационной безопасности [1]. Поэтому Дальневосточный федеральный округ (далее – ДФО), являясь одним из округов России, тоже включается в работу по использованию ИИ в кибербезопасности.

Первые попытки разработки именно механизма, который совершал бы попытки моделирования мыслительного процесса человека, возникли лишь в XX веке. В работе Вознюк П.А. подчёркивается, что лишь к середине XX века будет описано, как построить интеллектуальные машины и проверить их мощность [2, с. 11–12]. Но мощности компьютеров тех лет не позволили ему проводить реальные исследования. Поэтому многие исследователи связывают рождение научной дисциплины, связанной с искусственным интеллектом лишь в 1956 году после Дартмутской конференции, где были заложены основы новой области исследований. Кулиева А.Ш., Одебердиева Ш.О. в своей статье вспоминают, что «в 1950-х и 1960-х годах наблюдался большой оптимизм в отношении возможностей искусственного интеллекта. Были созданы первые программы, способные играть в шахматы, доказывать теоремы, переводить с одного языка на другой» [3, с. 81].

Однако после в 1970-х годах наступил период разочарования, когда стало ясно, что многие задачи, которые казались легко решаемыми, на самом деле требуют гораздо бóльших вычислительных ресурсов, более глубокого понимания принципов работы человеческого интеллекта. Поэтому на 20 лет были отложены все попытки дальнейшего развития искусственного интеллекта. С ростом вычислительных мощностей и совершенствованием алгоритмических подходов в 1990-х годах ИИ вновь оказался в центре внимания исследователей и разработчиков. Именно в этот период получили широкое распространение такие технологии, как экспертные системы и нейронные сети, а также появились другие передовые инструменты, заложившие основу для дальнейшего прогресса в области ИИ.

Начиная с 2000-х годов, активно ведётся интеграция технологий искусственного интеллекта в повседневную жизнь: от систем «умный дом» до компьютерных игр. В статье Синельщикова А.В. упоминается, что программа игры в шахматы «Deep Blue» от компании IBM в 1997 г. смогла обыграть чемпиона мира Г. Каспарова. А в 2015 году «программа «Alpha Go», разработанная компанией Google, смогла победить чемпиона мира в настольной игре Го. Данная стратегическая настольная игра значительно сложнее шахмат. AlphaGo достигла своей высокой производительности за счет использования особого типа искусственной нейронной сети под названием «глубокое обучение» (Deep Learning)» [4, с. 96–97].

Сейчас ИИ способен анализировать большие массивы данных и выдавать решение, поэтому необходимо исследовать его возможности в отношении обеспечения кибербезопасности, чтобы повысить уровень защищённости от кибератак. Рассмотрим некоторые из направлений.

1. *Обнаружение аномалий в сетевом трафике.* В статье Карачанской Е.В., Соседовой Н.И. представлен метод выявления аномалий сетевого трафика, основанный на утверждении о том, что трафик является фракталом, проведен анализ существующих методов выявления сетевых аномалий на предмет их недостатков, а результатом исследования стал модифицированный метод выявления аномалий сетевого трафика [5, с. 98–99]. Авторы статьи разработали модифицированный метод выявления аномалий сетевого трафика и провели его тестирование, где было продемонстрирована исправность работы метода для обнаружения аномалий.

2. *Борьба с фишинговыми атаками.* В статье Ана Д.С., Зуфаровой А.С. была проведена симуляция двух фишинговых атак для цветочной фирмы.

Платформа «Stop Phish», которая использует алгоритмы машинного обучения для автоматического обнаружения и блокировки фишинговых писем моделировала реальные сценарии угроз, отслеживала поведение пользователей, составляла отчеты данных. На основе этих данных авторы составили программу для осведомлённости сотрудников о киберугрозах, а через две недели была проведена повторная кибератака, которая показала улучшения поведения сотрудников и их осторожность [6, с. 133–135].

3. *Выявление техник и тактик злоумышленников.* В статье Зуфаровой А.С., Кошелевой А.Д авторы приходят к выводу, что «матрица MITRE ATT&CK достаточно хорошо структурирует знания о техниках и тактиках злоумышленников, что позволяет специалистам по безопасности выявлять уязвимости в системах» [7, с. 2035–2036]. Таким образом, матрица, которая интегрируется с ИИ, позволяет выявлять техники и тактики злоумышленников, однако для выявления этих знаний ей необходимы примеры реальных атак, которые уже произошли.

Тема использования ИИ в кибербезопасности активно разрабатывается в ДФО. Изучаются его возможности с точки зрения обработки информации, поиска способов борьбы с кибератаками. Однако можно прийти к выводу, что ИИ помогает защититься от кибератак путём обработки больших массивов информации и предоставления сценариев и вероятных решений ситуации.

ДФО обладает уникальным набором географических, экономических и инфраструктурных характеристик, которые напрямую влияют на специфику угроз в сфере кибербезопасности. Статистика 2025 года показывает не просто рост числа атак, а качественное изменение их характера. Злоумышленники меняют тактику, и это требует совершенно нового подхода к защите информационных ресурсов в регионе.

У Дальнего Востока есть своя специфика: это приграничная территория и главные «ворота» России в Азиатско-Тихоокеанский регион. Такая роль делает местную инфраструктуру стратегически важной — и для округа, и для всей страны. Неудивительно, что хакеры проявляют здесь беспрецедентную активность, особенно в «горячие» геополитические моменты. Аналитики заметили четкую закономерность: пики DDoS-атак приходятся на май и июнь — время крупных государственных праздников и важных международных саммитов. Это явно указывает на политическую мотивацию: злоумышленники пытаются дестабилизировать работу социально значимых ресурсов в самые чувствительные для страны периоды [8]. Яркий пример — саммит Россия –

США на Аляске в 2025 году. Именно тогда была зафиксирована одна из самых мощных атак на телеком-оператора: пиковая нагрузка достигла 1522 Гбит/с [9].

Экономика региона тоже диктует свои правила. У Дальнего Востока есть ярко выраженные отраслевые приоритеты, и хакеры бьют точно в цель. Более 20% всех инцидентов пришлось на ИТ и транспорт. Атакам подвергается и строительство (до 9% в первом полугодии), что объясняется участием сектора в крупных инфраструктурных проектах и госпрограммах развития.

Если DDoS — это внешнее давление, то кибермошенничество работает изнутри, и у него есть четкая «прописка». Данные прокуратуры показывают: лидерами по числу преступлений стали самые населенные и экономически активные регионы — Приморский край (около 7 тыс. случаев) и Хабаровский край (около 5 тыс.) [10].

При этом многие организации до сих пор полагаются на устаревший подход — периметровую защиту. Идея проста: выстроить надежный контур вокруг инфраструктуры и доверять всему, что внутри. Но в современных условиях этой стратегии уже недостаточно: границы сети размыты, а угрозы научились обходить традиционные барьеры. Однако повсеместный переход в «облачную» среду, удаленная работа и огромное количество бытовых и промышленных устройств, подключенных к сети, стерли понятие четких границ. Сегодня злоумышленники все чаще действуют скрытно, используя штатные средства самих систем, чтобы не оставлять следов. В этих условиях поиск угроз по их цифровым отпечаткам, известный как «сигнатурный метод», перестает быть действенным — он ловит только то, что уже известно и изучено. На смену приходят способы, основанные на поиске отклонений от обычного поведения и прогнозировании аномалий. Особую актуальность эта трансформация приобретает для ДФО. Согласно данным цифровой экосистемы МТС и аналитиков RED Security, в третьем квартале 2025 года на организации ДФО пришлось 12% от общего объема региональных DDoS-атак в России, при этом 9 из 10 инцидентов зафиксированы во Владивостоке. Показательно, что самая продолжительная атака длилась почти 30 часов и была направлена на ресурсы телекоммуникационной компании в Хабаровске [11, 12].

Современные методы защиты, внедряемые на Дальнем Востоке, все чаще базируются на философии «никогда не доверяй, всегда проверяй» (ZeroTrust). Вместо однократной аутентификации при входе в систему современные средства управления доступом проводят непрерывную проверку контекста каждого запроса [13, с. 93].

Современная методология предполагает дробление сети на мелкие сегменты и применение правила наименьших прав. Вместо однократного ввода пароля при входе в систему современные средства управления доступом проводят непрерывную проверку: откуда заходит пользователь, с какого устройства, в какое время суток. Каждое обращение к ресурсу проверяется заново. Это позволяет не только затруднить проникновение, но и остановить продвижение злоумышленника внутри системы, даже если один из компьютеров оказался взломан [14].

Опыт последних лет показал, что невозможно интегрировать защиту к уже готовой программе — это всегда дорого и ненадежно. Так родился подход, совмещающий разработку и безопасность, основанный на принципе «сдвига влево». Это означает, что проверки безопасности проводятся на самых ранних этапах создания продукта [15].

С проникновением «цифры» в промышленность защита информации перестала быть вопросом только утечки документов. Выход из строя датчика на заводе или взлом медицинского оборудования грозит остановкой производства и даже физическим ущербом. В таких средах нужны особые методы: более легкое шифрование и строгие границы между офисной сетью и промышленным оборудованием.

Нельзя забывать и про квантовое будущее. Развитие квантовых вычислений ставит под сомнение надежность привычного шифрования. Уже сегодня эксперты говорят о необходимости внедрения постквантовых алгоритмов, которые устоят перед атакой квантового компьютера. Речь идет о том, чтобы защитить данные, которые хранятся у нас сейчас, от возможности их расшифровки в будущем, когда вычислительная мощь вырастет.

В ответ на растущие угрозы на Дальнем Востоке начали создавать специализированные центры компетенций. В ноябре 2024 года в Якутии заработал первый в округе Центр противодействия кибератакам на базе Республиканского центра инфокоммуникационных технологий [16].

Центр решает комплекс задач: круглосуточный мониторинг и реагирование на угрозы; защита критически важных объектов, включая инфраструктуру госкомпаний; коммерческие услуги по киберзащите для бизнеса.

Важнейшей инициативой стало создание киберполигона. Это специальная платформа для обучения и тестирования, где можно моделировать атаки в безопасной среде, не рискуя реальной инфраструктурой. Как отмечают

в компании «Солар», такие опорные центры Национального киберполигона не только готовят кадры, но и повышают уровень защищенности российских компаний в целом [17].

В итоге анализ современных методов защиты в Дальневосточном федеральном округе приводит к простому выводу: эпоха периметровой защиты закончилась. Цифровое пространство региона превратилось в сложную среду, где эффективная оборона возможна только при сочетании новых архитектурных решений (вроде концепции «нулевого доверия»), инфраструктурных проектов (центры мониторинга и полигоны), облачных технологий и систем на основе искусственного интеллекта.

Особое значение для Дальнего Востока приобретает преодоление существующего разрыва в уровне киберзащиты по сравнению с центральными регионами. Как подчеркивают эксперты, даже небольшая компания не существует в вакууме — она взаимодействует с десятками других организаций и может оказаться тем самым слабым звеном, через которое злоумышленники получают доступ к более крупным структурам.

Главной целью становится не возведение неприступной стены (что в современных условиях принципиально невозможно), а формирование киберустойчивости — способности организации продолжать функционирование даже в случае успешной атаки, быстро восстанавливаться и минимизировать ущерб, предвидя действия противника.

Таким образом, ИИ меняет подход к защите от кибератак: теперь защита работает заранее, предсказывая угрозы, а не реагируя постфактум. Алгоритмы ИИ мгновенно обрабатывают огромные объемы данных, находят незаметные нарушения и автоматически реагируют на опасные ситуации ещё до того, как случится инцидент. Уже сейчас в России и на Дальнем Востоке есть успешные примеры внедрения ИИ. Приведем некоторые из них.

1. Системы искусственного интеллекта помогают в защите российской границы. Глава Федеральной таможенной службы РФ Пикалёв В.И. заявил о планах внедрения ИИ для автоматизации таможенного контроля [18]. ИИ способен существенно упростить таможенный контроль: сократит время прохождения, снизит риск пропуска опасного груза и предложит готовые сценарии действий при возникновении рисков.

2. Отдельного внимания заслуживает защита от DDoS-атак. В ближайшее время здесь ожидается серьезный сдвиг благодаря массовому внедрению ИИ. Современные атаки стали слишком сложными и быстро адаптируются, поэтому

старый подход уже не работает. Выход видится в создании многоуровневой системы защиты, где ключевую роль играют аналитические платформы на базе машинного обучения. Они изучают типичное поведение сети и позволяют мгновенно выявлять аномалии, принимая меры до того, как ситуация выйдет из-под контроля. Хороший пример — история с крупным оператором связи, который столкнулся с мощной DDoS-атакой объемом свыше 50 Гбит/с. Благодаря системам на основе искусственного интеллекта удалось предотвратить сбой и сохранить доступность каналов для пользователей [19].

3. Системы ИИ применяются в информационно-техническом обеспечении деятельности Правительства Приморского края. КГКУ «Информационно-технологический центр Приморского края» активно внедряет технологии ИИ в свою деятельность, направленную на поддержку органов исполнительной власти региона. С целью повышения уровня безопасности IT-инфраструктуры краевых учреждений он развивает системы защиты на основе ИИ. Используя нейросети и алгоритмы машинного обучения, удастся вовремя выявлять и нейтрализовывать киберугрозы, включая вредоносные программы и несанкционированное проникновение в информационные системы [20].

4. Системы ИИ анализируют платёжные системы. Банк России планирует ввести агентов ИИ в отечественные платёжные системы. Их задача — повышение скорости и надёжности транзакций, устранение задержек и ошибок, возникающих при обработке банковских переводов [21].

Таким образом, ИИ активно внедряется в охрану границ, защиту от кибератак и улучшение работы банковской системы. С его помощью ускоряются проверки на границе, повышаются безопасность и устойчивость к атакам, улучшается качество банковских услуг. ИИ перестаёт быть просто «инструментом в ящике» и становится основой новой архитектуры безопасности.

Список литературы

1. Указ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (в ред. Указа Президента РФ от 15.02.2024 № 124) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=471786#h80>.

2. Вознюк П. А. «История развития и современное состояние искусственного интеллекта» // Глобус: технические науки. 2019. № 3 (27). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-i-sovremennoe-sostoyanie-iskusstvennogo-intellekta>.

3. Кулиева А. Ш., Одебердиева Ш. О. «История искусственного интеллекта: от философских размышлений до современных технологий» // Символ науки. 2024. № 10-2-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-iskusstvennogo-intellekta-ot-filosofskih-razmyshleniy-do-sovremennyh-tehnologiy>.

4. Синельщиков А. В. Искусственный интеллект: этапы развития и современное состояние // Вестник ПАГС. 2023. № 5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-etapy-razvitiya-i-sovremennoe-sostoyanie>.

5. Карачанская Е. В, Соседова Н. И. Метод выявления аномалий сетевого трафика, основанный на его самоподобной структуре. Безопасность информационных технологий, [s.l.], p. 98-110, 2019. ISSN 2074-7136. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://bit.spels.ru/index.php/bit/article/view/1185>.

6. Ан Д. С., Зуфарова А. С. Симуляция фишинговых атак как метод повышения киберграмотности и подготовки к реагированию на угрозы // Управление образованием: теория и практика. 2025. № 6-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/simulyatsiya-fishingovyh-atak-kak-metod-povysheniya-kibergramotnosti-i-podgotovki-k-reagirovaniyu-na-ugrozy>.

7. Зуфарова А. С., Кошелева А. Д. Что такое MITRE ATT&CK: разбор популярной тактической модели // Информатика. Экономика. Управление / Informatics. Economics. Management. 2025. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chto-takoe-mitre-att-ck-razbor-populyarnoy-takticheskoy-modeli>. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chto-takoe-mitre-att-ck-razbor-populyarnoy-takticheskoy-modeli>.

8. Намиот Д. Е. Искусственный интеллект в кибербезопасности. Хроника. Выпуск 1 // International Journal of Open Information Technologies. 2025. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-kiberbezopasnosti-hronika-vypusk-1>. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chto-takoe-mitre-att-ck-razbor-populyarnoy-takticheskoy-modeli>.

9. РБК «Организации ДФО пережили больше 20 тысяч кибератак с начала года». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://amp.rbc.ru/regional/prim/31/10/2025/69045abb9a7947b03a479ba0>.

10. Магаданская правда «Колыма в антилидерах по зафиксированным киберпреступлениям в ДФО». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://magadanpravda.ru/lenta-novostej/proisshestviya/kolyma-v-antiliderakh-po-zafiksirovannym-kiberprestupleniyam-v-dfo>.

11. «Мой бизнес — моя крепость: какие инструменты обеспечения кибербезопасности доступны компаниям в хабаровском крае?». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://dvobozrenie.ru/news/kiberbezopasnost/>.

12. РБК Приморье «Почти 90% DDoS-атак на Дальнем Востоке зафиксированы во Владивостоке». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://prim.rbc.ru/prim/07/11/2025/690d8e389a79474c249dd1b5?from=regional_newsfeed.

13. Орлов, М. В. ZeroTrust: «никогда не доверяй, всегда проверяй». Новая парадигма кибербезопасности / М. В. Орлов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 23 (522). — С. 92–95. (17.03.2026). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://moluch.ru/archive/522/115319>.

14. KeeperSecurity «Что такое доступ с наименьшими привилегиями?». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.keepersecurity.com/ru_RU/.

15. Habr «Двигать влево или вправо? Экономический подход к ИБ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/companies/acronis/articles/654223/>.

16. Якутия 24 «Первый на Дальнем Востоке Центр противодействия кибератакам открылся в Якутии». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://yk24.ru/2024/11/pervyj-na-dalnem-vostoke-czentr-protivodejstviya-kiberatakam-otkrylsya-v-yakutii/>.

17. Национальныепроекты.рф «Защита от цифровых атак: как в России работают киберполигоны». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://национальныепроекты.рф/news/zashchita-ot-tsifrovyykh-atak-kak-v-rossii-rabotayut-kiberpoligony/>.

18. Деловой Петербург «Глава ФТС Пикалёв рассказал о «зелёном коридоре» с ИИ и курсе на автоматизацию». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.dp.ru/a/2025/08/05/glava-fts-pikaljov-rasskazal>.

19. Bigjournal «Машины против машин. Почему искусственный интеллект станет стандартом защиты от DDoS». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://ib-bank.ru/bisjournal/post/2580>.

20. «Информационно-технологический центр Приморского края». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://itc.primorsky.ru/>.

21. Ведомости «ИИ-агенты в платежных системах». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2026/03/17/ii-agenti-v-platezhnih-sistemah.

© Пузанова Н.С., Пуртова В.А.

СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКА

УДК 004.415

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ
ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ КАФЕДРЫ
ПО УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Бальчугов Илья Георгиевич
Демишев Андрей Альбертович
Новиков Александр Сергеевич
Салмина Евгения Николаевна
Алексеев Лев Валерьевич**

студенты

Научный руководитель: **Моторин Сергей Викторович**
доктор технических наук, зав. кафедрой
информационных систем
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
университет водного транспорта»

Аннотация: В статье рассматривается разработка системы автоматизации формирования отчетных документов на основе учебной нагрузки и индивидуальных планов преподавателей кафедры. Нами проведен анализ существующих решений в области документооборота высших учебных заведений, выявлены их ограничения. Изучена действующая в СГУВ система «Деканат» и способы формирования в ней отчетности. Показано, что целесообразно формировать отчетные документы в формате DOCX через парсинг данных о нагрузке кафедры из CSV/Excel-файла и индивидуальных планов системы «Деканат» с формированием отчёта воспроизводящего полную структуру корпоративного шаблона университета. Проведено тестирование разработанной системы и ее внедрение на кафедре Информационных систем СГУВТ.

Ключевые слова: автоматизация отчетности, учебная нагрузка, индивидуальный план, база данных, генерация документов, кафедра вуза.

AUTOMATION SYSTEM FOR THE FORMATION OF ACCOUNTING DOCUMENTS OF THE DEPARTMENT FOR ACADEMIC ACTIVITIES

Balchugov Ilya Georgievich
Demishev Andrey Albertovich
Novikov Alexander Sergeevich
Salmina Evgeniya Nikolaevna
Alekseyev Lev Valerievich

Scientific supervisor: **Motorin Sergey Viktorovich**

Abstract: The article discusses the development of a system for automating the formation of accounting documents based on the academic workload and individual plans of teachers of the department. We have analyzed existing solutions in the field of document management in higher education institutions, and identified their limitations. The Dean's Office system operating in the State Educational Institution of Higher Education and the methods of reporting in it have been studied. It is shown that it is advisable to generate accounting documents in docx format through parsing data on the department's workload from a csv/Excel file and individual plans of the Dean's Office system with the formation of a report reproducing the full structure of the university's corporate template. The developed system was tested and implemented at the Department of Information Systems of the State University of Economics.

Key words: automation of reporting, academic workload, individual plan, database, document generation, university department.

Введение

Современная система высшего и среднего профессионального образования предъявляет жёсткие требования к планированию, учёту и отчётности по учебной нагрузке кафедр [1, 2]. Учебный план кафедры является основным документом, регламентирующим перечень дисциплин с указанием семестров изучения, трудоёмкости в часах (лекции, практические, лабораторные занятия), форм промежуточной и итоговой аттестации (экзамен, зачёт, курсовая работа). Именно на основе учебного плана кафедры формируется общая нагрузка, проводится лицензирование образовательных программ, и осуществляется контроль выполнения учебных норм.

На практике исходные данные для учебного плана кафедры часто ведутся в формате Microsoft Excel или CSV и содержат сотни строк по каждой дисциплине. Сотрудники учебных отделов и заведующие кафедрами вынуждены вручную группировать эти данные, суммировать часы по видам занятий, проверять соответствие форм контроля и формировать итоговые отчёты. Этот процесс отнимает много времени (до нескольких дней перед отчётными периодами) и сопряжён с арифметическими ошибками, пропуском важной информации.

Очевидно, что автоматизация рутинного процесса формирования отчётов по учебному плану кафедры позволит:

- сократить временные затраты сотрудников кафедр и учебных отделов;
- исключить ошибки, связанные с человеческим фактором;
- унифицировать выходные документы (единый шаблон для всех дисциплин);
- оперативно реагировать на изменения в составе дисциплин или их трудоёмкости.

В научных исследованиях отмечается, что автоматизация формирования отчетной документации позволяет сократить временные затраты на 30–40% и снизить количество ошибок, связанных с человеческим фактором [1, 2].

Существующие решения

В крупных российских университетах широко применяются комплексные системы управления вузом, включающие модули учёта и распределения учебной нагрузки. Например, в МТУСИ в 2024–2025 годах была внедрена электронная образовательная среда на базе «1С:Университет ПРОФ», интегрированная с кадровой системой и личными кабинетами пользователей. Однако такие решения ориентированы на масштабную автоматизацию всего вуза, требуют значительных затрат на внедрение и сопровождение, поэтому для уровня отдельной кафедры являются избыточными.

Другим корпоративным решением является система «Галактика РУЗ», внедряемая в ряде крупных вузов, включая СПбГУ. Подсистема «Галактика ВУЗ» обеспечивает формирование учебных планов, расчёт и распределение нагрузки. Аналогичный функционал реализован в системе управления учебным процессом МГИМО (СУУП 2.0), разработанной на базе решений корпорации «Галактика».

В последние годы всё большую популярность приобретают облачные веб-сервисы, не требующие установки и обслуживания собственной инфраструктуры. Примером такого решения является веб-сервис «План-Плюс» (ООО «Образовательные технологии»), предназначенный для планирования нагрузки и формирования отчётов по учебным планам. Сервис поддерживает загрузку данных из Excel, группировку по дисциплинам, экспорт в Word по готовым шаблонам. Достоинства: удобный веб-интерфейс, не требует установки, наличие шаблонов для большинства вузов. Недостатки: ежемесячная плата (от 5000 руб. за кафедру); данные хранятся на сторонних серверах, что может вызывать опасения с точки зрения безопасности и соответствия законодательству о персональных данных; ограниченная возможность настройки под нестандартную структуру нагрузки; невозможность работы при отсутствии интернета.

Вместе с тем многие вузы продолжают использовать для учёта учебной нагрузки возможности Microsoft Excel. С помощью встроенных фильтров, сводных таблиц и ручной группировки сотрудники кафедр вручную формируют итоговые отчёты по учебному плану. Некоторые энтузиасты дополняют Excel макросами на VBA, которые автоматизируют суммирование и подсчёт итогов. Однако при изменении структуры исходной таблицы или версии офисного пакета такие макросы нередко перестают работать. Кроме того, в стандартном Excel отсутствуют встроенные средства экспорта в Word с сохранением форматирования.

Системы класса «1С» избыточны для уровня отдельной кафедры, и мы их не рассматриваем.

Выбор инструментария

При разработке модуля формирования отчётных документов по нагрузке учебного плана кафедры выбор программных средств определяет удобство работы, производительность, совместимость с форматами данных и доступность конечного продукта для пользователей. Критериями выбора стали: поддержка форматов CSV и Excel без установленного офисного пакета, возможность генерации документов в формате Word, простота развёртывания на компьютерах кафедры, бесплатность и наличие документации.

Нами принято решение разработки системы на базе .NET 8 [3] и библиотек EPPlus / CsvHelper / OpenXML SDK [4–5], которые занимают нишу бесплатного, простого в использовании десктопного приложения, не

требующего установки офисных пакетов и специального обучения. Такое решение предоставляет экспорт в Word, легко настраивается под конкретную структуру файлов кафедры через JSON-конфигурацию и не зависит от наличия у пользователя коммерческого офисного ПО или постоянного интернет-соединения.

Библиотека для работы с CSV. Для интеллектуального парсинга CSV-файлов с различными разделителями (запятая, точка с запятой) и кодировками (UTF-8, Windows-1251) применяется CsvHelper (лицензия Apache 2.0). Эта библиотека автоматически определяет заголовки, поддерживает отображение на пользовательские классы и корректно обрабатывает экранирование символов. Использование CsvHelper избавляет от необходимости писать собственный парсер, который часто приводит к ошибкам на нестандартных файлах.

Среда разработки и дополнительные инструменты. В качестве среды разработки используется Visual Studio 2022 Community Edition (бесплатная). Для управления версиями исходного кода применяется Git с хостингом на GitHub. Для сериализации настроек (сопоставления колонок) используется библиотека Newtonsoft.Json (лицензия MIT). Для модульного тестирования – NUnit.

Пользовательский интерфейс. Для создания десктопного приложения выбран Windows Forms – простой и надёжный фреймворк, входящий в состав .NET. Он позволяет быстро разработать интуитивно понятный интерфейс (кнопки, таблицы предпросмотра, выпадающие списки) без излишней сложности, характерной для WPF. Все элементы управления хорошо работают на компьютерах кафедры с любым разрешением экрана.

Архитектура системы

Приложение построено по классической клиент-серверной модели, ориентированной на простоту развертывания в локальной сети университета. Для достижения этих целей была разработана модульная архитектура (рис.1), позволяющая управлять различными частями приложения: от загрузчика файлов до генератора отчётов [6]. Такая организация способствует гибкой настройке и расширению функционала, что особенно важно при адаптации под разные структуры входных таблиц [7]. Кроме того, модульный подход упрощает тестирование и сопровождение кода.

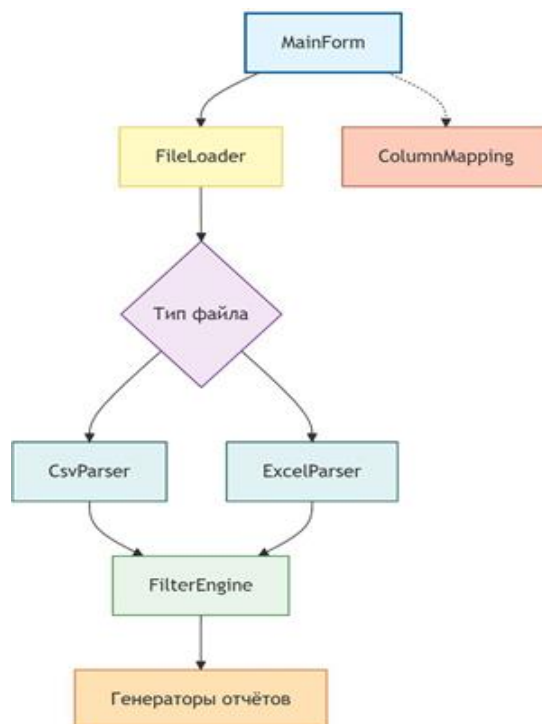


Рис. 1. Общая схема связи модулей системы

Ключевым элементом системы является подсистема сопоставления записей учебного плана и индивидуального плана преподавателя. Для этого используется реляционная база данных [7], обеспечивающая структурированное хранение данных и поддержку целостности (рис. 2).



Рис. 2. Реляционная схема базы данных

Основные таблицы базы данных: *Преподаватели; Дисциплины; Учебная нагрузка; Индивидуальные планы; Отчетные документы* (рис. 2).

Алгоритм работы системы включает следующие этапы:

1. Загрузка исходных данных из файлов формата XLSX или CSV.
 2. Нормализация данных и проверка на дублирование.
 3. Автоматическое распределение часов в соответствии с утвержденными нормативами.
 4. Генерация отчетов по шаблонам, хранящимся в базе данных.
- Схема алгоритма формирования отчета представлена на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм формирования отчетного документа

Связи между таблицами реализуются через уникальные идентификаторы, что позволяет выполнять комплексные запросы и формировать отчеты за произвольный период.

Архитектура системы построена по принципу клиент-серверного взаимодействия. Серверная часть реализована на языке Python [6] с использованием фреймворка Django. Для генерации документов используется библиотека python-docx, а для экспорта в PDF – библиотека reportlab. Интерфейс пользователя представляет собой веб-приложение, доступное

сотрудникам кафедры с разграничением прав доступа. Общая архитектура модуля показана на рис. 4.

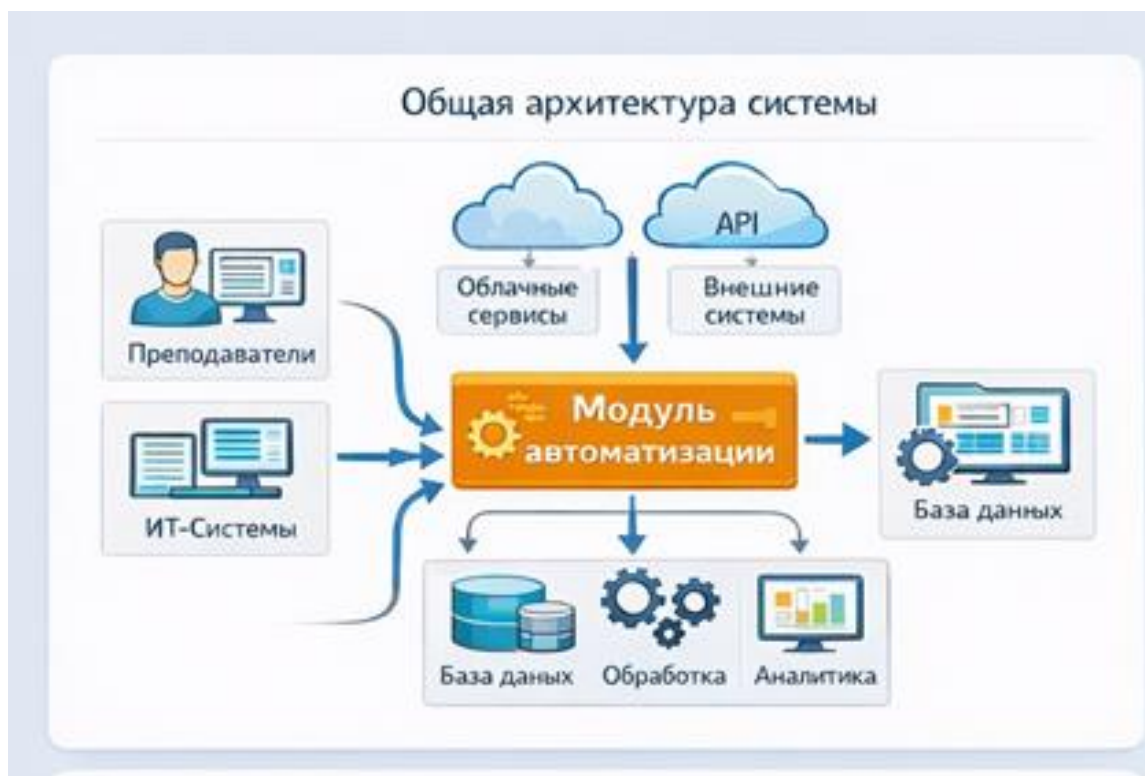


Рис. 4. Общая архитектура системы

Пользовательский интерфейс – принимает действия пользователя (выбор файла, выбор фамилии, нажатие кнопки экспорта) и передаёт команды соответствующим модулям. Внешний вид модуля интерфейса формирования отчета кафедры приведен на рис. 5, модуля индивидуальной нагрузки – рис.6.

Пример работы системы:

- 1 Пользователь нажимает «Загрузить файл» → UI вызывает FileLoader, получает путь.
- 2 UI определяет расширение и создаёт экземпляр нужного парсера (CSV или Excel).
- 3 Парсер читает файл, применяя маппинг колонок, возвращает List<LoadRecord>.
- 4 UI извлекает уникальные фамилии через FilterEngine.GetUniqueLastNames() и заполняет ComboBox.
- 5 Пользователь выбирает фамилию → UI вызывает FilterEngine.Filter() и отображает отфильтрованный список в DataGridView, а также сумму часов.

6 Пользователь нажимает «Экспорт в WORD» → UI вызывает WordReportGenerator () с отфильтрованными данными, суммой и выбранным путём.

7 Если загружен файл индивидуального плана СГУВТ, данные из IndividualPlanData (ФИО, должность, сводка часов, списки работ) используются при формировании Word-отчёта: они подставляются в таблицу имени, таблицу утверждения, сводную таблицу и таблицы видов работ. Это позволяет сформировать полностью оформленный индивидуальный план, а не просто таблицу нагрузки.

Заседание	Вопрос	Инициатор	Дата	Статус
Тема: Заседание кафедры 1	О корректировке планов учебной и индивидуальной нагрузки преподавателей кафедры ИС и плана работы на 2024-25 учебный год	Моторин С.В.	27.06.2024	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 1	Утверждение тем курсовых работ и курсовых проектов на 2024-25 учебный год	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 1	О закреплении обязанностей учебного секретаря, ответственного за СМК и утверждение аттестационной комиссии	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 10	О готовности к защите ВКР	Моторин С.В.	28.05.2025	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 10	О ходе учебного процесса, выполнении курсовых работ и проектов по дисциплинам кафедры	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 11	О результатах экзаменационной сессии	Моторин С.В.	25.06.2025	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 11	О результатах защиты ВКР	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 11	Отчеты кураторов за второе полугодие	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 11	Выполнение отчета кафедры и индивидуальных планов преподавателей за 2024-2025 учебный год	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 11	О проведении воспитательной работы преподавателями и сотрудниками кафедры с обучающимися	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 2	О выполнении нагрузки по второй половине дня	Моторин С.В.	25.09.2024	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 2	О задокументировании студентов за предыдущие периоды по сведениям, полученным от деканата	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 3	О ходе учебного процесса	Моторин С.В.	30.10.2024	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 3	О прохождении практик	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 3	О результатах проведения контрольной недели	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 4	О наличии УМК, рабочих программ и фондов оценочных средств по дисциплинам кафедры	Моторин С.В.	27.11.2024	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 5	О ходе учебного процесса, выполнении курсовых работ и проектов по дисциплинам кафедры	Моторин С.В.	25.12.2024	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 5	Отчеты кураторов студенческих групп за первое полугодие	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 5	О проведении воспитательной работы преподавателями и сотрудниками кафедры с обучающимися	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 6	Отчеты преподавателей о проделанной работе в первом полугодии и результатах экзаменационной сессии	Моторин С.В.	29.01.2025	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 7	О ходе учебного процесса	Моторин С.В.	26.02.2025	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 7	Рассмотрение и утверждение рабочих программ по дисциплинам кафедры	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 7	Рассмотрение и утверждение ОПОП по выпускающим направлениям	Моторин С.В.		Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 8	О подготовке и проведении студенческих конференций	Моторин С.В.	26.03.2025	Неоплачено
Тема: Заседание кафедры 8	О результатах проведения контрольной недели	Моторин С.В.		Неоплачено

Рис. 5. Интерфейс модуля формирования отчета кафедры

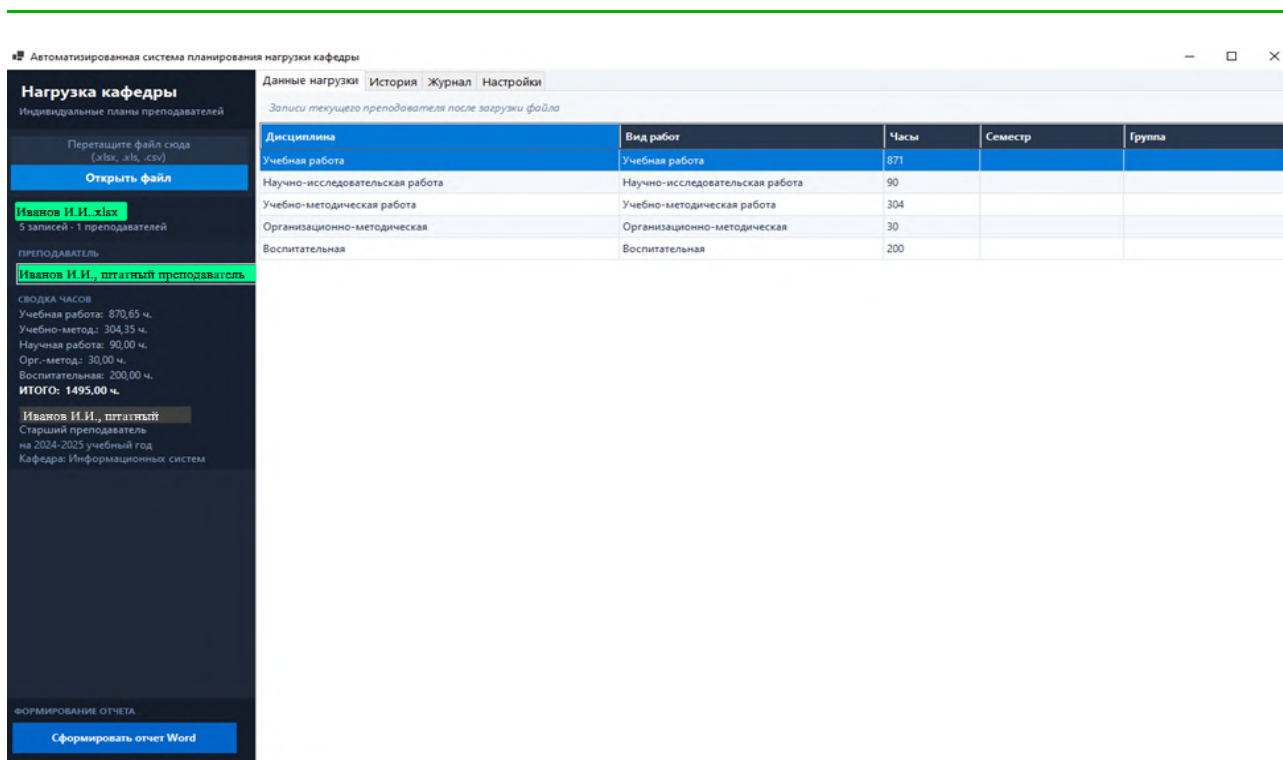


Рис. 6. Интерфейс модуля формирования отчета индивидуальной нагрузки

Интеграция и тестирование

Все модули собраны в единый проект с использованием многопроектной структуры в Visual Studio. Проведено функциональное тестирование на реальных файлах нагрузки кафедры (объёмом от 350 до 1000 строк). Результаты показали, что ошибок при парсинге не возникает, фильтрация происходит корректно даже при наличии нестандартных символов в фамилиях (например, с буквой «ё»), а все три формата выгрузки сохраняют табличную структуру и итоговые суммы. Нагрузочное тестирование проводилось на синтетическом файле, содержащем 10 000 записей (100 преподавателей по 100 дисциплин). Полученные средние времена выполнения операций сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты тестирования производительности

Количество записей	Загрузка CSV (с)	Фильтрация (мс)	Excel (с)	Word (с)
1000	0,25	12	0,15	0,30
5000	0,72	38	0,31	0,68
10000	1,05	71	0,52	1,10

Приложение успешно протестировано на операционных системах Windows 10 и Windows 11 без установленного Microsoft Office. Потребление оперативной памяти не превышает 150 МБ при обработке максимального объема данных. Фрагмент сформированного плана-отчета кафедры приведен на рис. 7 (все ФИО заменены на вымышленные при сохранении итоговой часовой нагрузки). Он полностью соответствует корпоративному утвержденному формату отчета.

3. Учебно-методическая работа

Название	Исполнители	Часов (план)	Часов (факт)
Подготовка к лекциям, в том числе мультимедийного сопровождения, по вновь вводимым курсам	Иванов А.В., Петров А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Зайцев А.А., Сидоркина К.В., Жуков А.В., Кроликов Ю.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	150,15	
Подготовка к лабораторным и практическим занятиям в остальных случаях в остальных случаях	Иванов А.В., Петров А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Зайцев А.А., Сидоркина К.В., Жуков А.В., Кроликов Ю.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	640	
Корректировка и обновление Основной профессиональной образовательной программы	Сидоркина К.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	20	
Корректировка и обновление рабочей программы дисциплины (модуля), программы практики, программы ГИА	Иванов А.В., Петров А.В., Сидоров Д.Н, Зайцев А.А., Сидоркина К.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	145	
Подготовка и актуализация тестов для самоподготовки, текущего, промежуточного контроля, проверки остаточных знаний, вступительных испытаний	Петров А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Сидоркина К.В., Великанов Н.А,	20	
Разработка и актуализация примерной тематики выпускных квалификационных работ	Иванов А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Зайцев А.А., Жуков А.В., Кроликов Ю.В., Орлов С.В.	2,8	
Проведение консультаций профессорско-преподавательским составом	Иванов А.В., Петров А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Зайцев А.А., Сидоркина К.В., Жуков А.В., Кроликов Ю.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	908	
Проведение консультаций заведующим кафедрой	Орлов С.В.	160	
Проверка курсовых работ	Иванов А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Жуков А.В., Кроликов Ю.В.	274,5	
Проверка курсовых проектов	Иванов А.В., Жуков А.В., Орлов С.В.	295	
ИТОГО		2615,45	

4. Научная работа

Название	Исполнители	Часов (план)	Часов (факт)
Подготовка к изданию и публикация научных статей и тезисов докладов в ведущих зарубежных рецензируемых научных изданиях	Сидоров Д.Н, Зайцев А.А., Орлов С.В.	580	
Подготовка к изданию и публикация научных статей и тезисов докладов в журналах, индексируемых в РИНЦ	Иванов А.В., Петров А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Зайцев А.А., Сидоркина К.В., Жуков А.В., Кроликов Ю.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	1052,15	
Участие в выполнении научно-исследовательской работы (в том числе инициативной тематики) с подготовкой отчета (с представлением результатов)	Сидоров Д.Н., Сидоркина К.В., Кроликов Ю.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	300	
Руководство студенческими научными работами и подготовка докладов для представления на внутривузовской или межвузовской конференции или конкурсе	Иванов А.В., Петров А.В., Сидоров Д.Н, Волков А.В., Зайцев А.А., Сидоркина К.В., Жуков А.В., Кроликов Ю.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	420	
Руководство студенческими научными работами и подготовка докладов для представления на всероссийской или международной конференции или конкурсе	Сидоркина К.В., Кроликов Ю.В., Великанов Н.А, Орлов С.В.	250	
ИТОГО		2602,15	

Рис. 7. Фрагмент плана-отчета кафедры

Заключение

Анализ существующих решений показал их недостаточную гибкость и отсутствие интеграции между учебным и индивидуальным планированием.

Разработанная система устраняет данные недостатки за счет единой базы данных и автоматизированного алгоритма сопоставления видов работ.

Практическая значимость разработки заключается в снижении временных затрат на подготовку отчетности, минимизации арифметических и логических ошибок, а также в повышении прозрачности распределения нагрузки между преподавателями. В дальнейшем развитие системы может быть направлено на внедрение прогнозной аналитики и интеграции с системами электронного документооборота вуза.

Список литературы

1. Бажин А.С. Внедрение электронного документооборота в систему управления вузом / А.С.Бажин, А.С.Овчинников, Р.В.Светайло. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 181 с.
2. Шипицына Е.В. Особенности цифровизации документооборота в высших учебных заведениях / Global and Regional Research. – 2024. Т. 6. № 2. С. 186–193. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_67856688_78867471.pdf (дата обращения 17.08.2026).
3. Microsoft Learn. .NET 8 Documentation. – URL: <https://learn.microsoft.com/dotnet/> (дата обращения 17.08.2026).
4. EPPlus Software AB. EPPlus 8 Documentation: библиотека для работы с Excel в .NET. – URL: <https://www.epplussoftware.com/> (дата обращения 17.08.2026).
5. GitHub JoshClose/CsvHelper: library for reading and writing CSV files - URL: <https://github.com/JoshClose/CsvHelper> (дата обращения 17.08.2026).
6. Официальная документация python-docx [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://python-docx.readthedocs.io> (дата обращения 17.08.2026).
7. Ерохин В.В. Электронный документооборот вуза / В.В. Ерохин – Москва: изд-во МГУ, 2018. – 132 с. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48705463_89583260.pdf (дата обращения 17.08.2026).

© Бальчугов И.Г., Демишев А.А., Новиков А.С.,
Салмина Е.Н., Алексеев Л.В.

**СЕКЦИЯ
ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

ФРАЗЕОЛОГИЗМЫ О ВРЕМЕНИ В РУССКОМ И КИТАЙСКОМ ЯЗЫКАХ

Маденова Анна Павловна

студент

Научный руководитель: **Булгакова Ольга Анатольевна**

канд. филол. наук, доц. кафедры стилистики и риторики
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Аннотация: Данная статья посвящена фреймовому анализу фразеологизмов о времени в русском и китайском языках. В работе выявлены общие и национально-специфические субфреймы и слоты, отражающие особенности восприятия времени в двух лингвокультурах. В русской языковой картине мира время осмысляется как абстрактная единица, в рамках которой разворачивается действие, тогда как в китайской – как ценный и ограниченный ресурс, требующий эффективного использования. Результаты исследования демонстрируют различия в концептуализации времени, обусловленные культурными и ментальными особенностями носителей языков.

Ключевые слова: фразеологизм, языковая картина мира, фрейм, субфрейм, время.

PHRASEOLOGICAL UNITS ABOUT TIME IN RUSSIAN AND CHINESE LANGUAGES

Madenova Anna Pavlovna

Scientific supervisor: **Bulgakova Olga Anatolyevna**

Federal State Budgetary Educational

Institution of Higher Education

«Kemerovo State University»

Abstract: This article is devoted to a frame analysis of phraseological units about time in the Russian and Chinese languages. The study identifies common and nationally specific subframes and slots that reflect the peculiarities of the perception of time in the two linguistic cultures. In the Russian linguistic worldview, time is conceptualized as an abstract unit within which action unfolds, whereas in the Chinese worldview it is seen as a valuable and limited resource that requires effective

use. The research results demonstrate differences in the conceptualization of time, обусловленные культурными and mental characteristics of the language speakers.

Key words: phraseological unit, linguistic worldview, frame, subframe, time.

Фразеологизмы являются неотъемлемой частью любого языка. Они не только делают речь более богатой и образной, но и хранят в себе культурные, исторические и философские особенности народа. Изучение фразеологизмов о времени позволяет выявить, как различные культуры воспринимают и выражают это понятие. Целью данной работы является выявление сходств и различий фреймовой структуры фразеологизмов о времени в русском и китайском языках.

Фразеологизмы служат экспликаторами языковой картины мира. По мнению Марины Владимировны Пименовой, языковая картина мира – это «совокупность знаний о мире, которые отражены в языке, а также способы получения и интерпретации новых знаний» [1, с. 26]. Она выражает специфический для данного языкового коллектива способ восприятия и концептуализации действительности. Впервые идеи о проявлении языковой картины мира были выдвинуты В. фон Гумбольдтом. В своей работе он писал, что «язык народа есть его дух, и дух народа есть его язык, и трудно представить себе что-либо более тождественное» [2, с. 359]. Таким образом, он отметил, что язык – не просто орудие общения, это выражение национального характера, мышления и мировоззрения.

Одним из методов исследования фразеологизмов является фреймовый анализ. Термин «фрейм» был впервые использован Марвином Минским в контексте представления знаний в системах искусственного интеллекта. Фрейм в его понимании – это «структура данных для представления стереотипной ситуации» [3, с. 5]. Развив идеи М. Минского, Чарльз Филлмор стал использовать термин «фрейм» применительно к лингвистике. Он определял фреймы как когнитивные структуры, которые «обеспечивают понимание концептов, представленных словами» [4, с. 75].

В данной статье мы опираемся на определение О. В. Гусельниковой. В её понимании, фрейм – это «когнитивная структура знания / структура представления знания о типической, тематической единой ситуации, организованная в виде совокупности иерархически расположенных, взаимодействующих друг с другом субфреймов и составляющих их слотов, характеризующаяся наличием конвенционального начала и категориальным принципом организации знания» [5, с. 8].

Элементами фреймового анализа являются сами фреймы, субфреймы и слоты. «Субфреймы – уровни во фреймовой структуре, представляющие собой набор тематически единых признаков; цепочки иерархически расположенных слотов, выстроенные в порядке частотности упоминаемых испытуемыми слотов» [5, с. 8]. Слот же в свою очередь является формой реализации того или иного признака, относящегося к сфере познания.

Исследование фразеологизмов путём фреймового анализа позволяет выявить универсальные и национально-специфические черты в восприятии действительности и, в частности, времени носителями разных языков и культур.

Фразеологизмы о времени одинаково широко распространены в русском и китайском языках. Однако каждый язык обладает своей спецификой в понимании данного концепта и, соответственно, своими уникальными способами выражения данного понятия и его характеристик.

Были выявлены следующие наиболее распространённые лексические компоненты в составе русских фразеологизмов с семантикой времени: время, времена. Основу китайских фразеологизмов составляют такие лексемы со значением времени как 日 (день), 时 (час), 岁, 年 (год).

Фрейм «время» реализуется в следующих субфреймах:

1. Субфрейм «характеристика действия»:

Рус. «медлить» – **«тянуть время»** – медлить с осуществлением чего-то; «заняться случайным делом» – **«убить время»**, **«коротать время»** – заняться каким-то случайным делом для того, чтобы время прошло быстро, незаметно; «движение вперёд» – **«время идёт»**, **«время течёт»** – время не останавливается, движется вперёд.

Кит. «движение вперёд» – **«日月如梭»** (rì yuè rú suō) – время бежит, годы идут.

Субфрейм «характеристика действия» в русских и китайских фразеологизмах представлен только одним общим слотом – «движение вперёд». В русском языке имеется специфичный слот – «медлить».

2. Субфрейм «качественная характеристика действия»:

Рус. «немедленно» – **«время не ждёт»** – незамедлительно, срочно действовать; «долго» – **«битый час»** – действие происходило долго; «очень быстро» – **«в одну минуту»** – сделать что-то мгновенно, очень быстро, без промедлений; «вовремя» – **«минута в минуту»** – сделать что-то точно в срок;

«безрезультатно» – «**тратить время впустую**», «**битый час**» – выполнить действие, которое не принесло результатов; «без изменений» – «**время обошло стороной**» – время не оказало никакого влияния на что-то, не произошло изменений.

Кит. «долго» – «**积年累月**» (jī nián lěi yuè) – долго, за длительное время, «**旷日持久**» (kuàng rì chí jiǔ) – тянуться бесконечно; «медленно» – «**度日如年**» (dù rì rú nián) – медленно идёт время; «быстро» – «**一朝一夕**» (yī zhāo yī xī) – быстро, в короткий срок.

Данный субфрейм в большей степени представлен специфичными слотами, причём в русском языке слотов больше, чем в китайском, имеется только один общий – «долго».

3. Субфрейм «время совершения действия»:

Рус. «давно» – «**во время оно**» – давным-давно, в незапамятные времена; «с давних времён» – «**с незапамятных времён**», «**со времён царя Гороха**», «**во все времена**» – с давних времён и по настоящий момент; «иногда» – «**время от времени**» – иногда, порой; «постоянно» – «**изо дня в день**» – ежедневно.

Кит. «давно» – «**年深日久**» (nián shēn rì jiǔ) – давно; «с давних времён» – «**百岁千秋**» (bǎi suì qiān qiū) – с незапамятных времён, долгие годы; «постоянно» – «**日复一日**» (rì fù yī rì) – день за днём, «**年复一年**» (nián fù yī nián) – год за годом.

Субфрейм «время совершения действия» в основном представлен общими слотами, в русском языке имеется только один специфичный слот – «иногда».

4. Субфрейм «характеристика времени»:

Рус. «вначале» – «**в первое время**» – поначалу, в начальный период чего-либо; «сейчас» – «**в настоящее время**» – в данное время; «своевременно» – «**в своё время**» – тогда, когда будет нужно; «скоро» – «**в скором времени**», «**не сегодня-завтра**» – в ближайшее время; «потом» – «**со временем**», «**время покажет**» – потом, впоследствии; «отрезок времени» – «**золотое время**» – отрезок жизни, с которым связаны приятные воспоминания; «одновременно» – «**в то же время**» – одновременно; «изменяемость» – «**времена меняются**» – непрерывные изменения, постоянное движение.

Кит. «всё впереди» – «**来日方长**» (lái rì fāng cháng) – всё ещё впереди.

Из анализа мы видим, что субфрейм «характеристика времени» представлен только специфичными слотами. Стоит отметить, что в русском языке представлено 7 слотов, а в китайском – всего 1 слот.

5. Субфрейм «срок выполнения действия»:

Рус. «до какого-то срока» – «**до поры до времени**» – до какого-то срока, времени.

Этот субфрейм представлен только в русском языке и только одним слотом.

6. Субфрейм «действие, направленное на объект»:

Кит. «дорожить временем» – «**争分夺秒**» (zhēng fēn duó miǎo) – использовать каждую свободную минуту, дорожить временем, «**时不我待**» (shí bù wǒ dài) – время не ждёт, дорожить временем; «даром тратить время» – «**旷日持久**» (kuàng rì chí jiǔ) – даром тратить время; «выждать удобный момент» – «**待时而动**» (dài shí èr dòng) – выждать нужный момент и начать действовать; «воспользоваться случаем» – «**时不可失**» (shí bù kě shī) – воспользоваться случаем; «время не вернуть» «**时不再来**» (shí bù zài lái) – упущенный момент не вернёшь.

Субфрейм «действие, направленное на объект» встречается только в китайской фразеологии.

7. Субфрейм «качественная характеристика времени»:

Кит. «неудачное время» – «**时乖命蹇**» (shí guāi mìng jiǎn) – неудачное время невзгод.

Субфрейм «качественная характеристика времени» представлен только одним специфичным слотом в китайском языке.

Таким образом, с помощью сопоставительного анализа фреймовых структур фразеологизмов о времени в русском и китайском языках нам удалось выявить различия в понимании времени и выражении его характеристик.

Опираясь на результаты исследования, мы видим, что в русской языковой картине мира время понимается как абстрактная единица, в рамках которой разворачивается действие. Существуют различные фразеологизмы, характеризующие качество действия и время его совершения. При этом

временные характеристики в русском языке представлены более разнообразно, чем в китайском языке. В китайской лингвокультуре, напротив, время понимается как ценный ресурс: его нельзя тратить впустую, и им нужно пользоваться в подходящий момент. Здесь время представляется не как абстрактная единица, а как прагматичный и ограниченный ресурс, который требует своевременного и эффективного применения.

Список литературы

1. Пименова М. В. Языковая картина мира: учебное пособие / М. В. Пименова. – 5-е изд., доп. – М.: ФЛИНТА, 2019. – 106 с. – ISBN 978-5-9765-1349-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/122673_ (дата обращения 16.06.2026).
2. Гумбольдт фон В. Избранные труды по языкознанию / фон В. Гумбольдт; перевод с немецкого. – М.: Прогресс, 2000. – 400 с.
3. Минский М. Фреймы для представления знаний / М. Минский; перевод с английского О. Н. Гринбаума; под ред. Ф. М. Кулакова. – М.: Энергия, 1979. – 151 с.
4. Fillmore C.J. Toward a frame-based lexicon: The semantics of RISK and its neighbours / C.J. Fillmore and B.T. Atkins // Frames, fields and contrasts: New essays in semantics and lexical organization. – Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1992. – Pp. 75 – 102.
5. Гусельникова О.В. Динамика фреймовой структуры фразеологизмов с семантикой количества в обыденном сознании носителей русского языка: автореф. дис. канд. филол. наук: 10.02.01 / Гусельникова Олеся Валентиновна: Барнаул, 2007. – 19 с.

© Маденова А.П.

СЕКЦИЯ АРХИТЕКТУРА

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Таран Денис Алексеевич
Мединский Глеб Олегович

студенты

Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина

Аннотация: В статье рассматривается влияние архитектуры и пространственной организации города на психологическое состояние человека. Особое внимание уделяется масштабу зданий, освещению, цвету, плотности застройки, озеленению и организации общественных пространств. Показано, что архитектурная среда может влиять на ощущение безопасности, уровень эмоционального напряжения и желание человека находиться в определённом месте. Сделан вывод о необходимости учитывать психологическое восприятие человека при проектировании городской среды.

Ключевые слова: архитектура, городская среда, психологическое восприятие, человек, комфорт, общественные пространства, архитектурная психология.

THE INFLUENCE OF ARCHITECTURE ON THE PSYCHOLOGICAL PERCEPTION OF THE URBAN ENVIRONMENT

Taran Denis Alekseevich
Medinsky Gleb Olegovich

Abstract: The article examines the influence of architecture and spatial organization of the city on the psychological state of a person. Particular attention is paid to building scale, lighting, color, development density, greenery and public spaces. It is shown that the architectural environment can affect the sense of safety, emotional tension and a person's desire to stay in a particular place. The conclusion emphasizes the need to consider psychological perception when designing the urban environment.

Key words: architecture, urban environment, psychological perception, person, comfort, public spaces, architectural psychology.

Человек постоянно взаимодействует с окружающей архитектурной средой, даже если не обращает на неё специального внимания. По дороге на работу, во время прогулки или посещения общественных зданий он воспринимает форму улиц, высоту домов, цвет фасадов, освещение, количество зелени и другие элементы пространства. Всё это может влиять на его настроение и общее самочувствие. Современный город становится всё более плотным и насыщенным различными функциями. Поэтому вопрос психологического комфорта приобретает особое значение. Архитектура должна решать не только практические задачи, но и создавать среду, в которой человеку приятно и безопасно находиться. При этом психологическое восприятие городской среды нельзя рассматривать как полностью субъективный процесс. Реакция на архитектуру у разных людей может отличаться, однако существуют характеристики пространства, которые достаточно часто влияют на восприятие. К ним относятся понятность планировки, масштаб зданий, наличие естественного света, зелени, мест для отдыха и визуальных ориентиров.

Одним из наиболее заметных факторов является масштаб архитектуры. Человек по-разному воспринимает небольшую улицу с невысокой застройкой и широкое пространство, окружённое высотными зданиями. В первом случае среда может казаться более спокойной и понятной, во втором – создавать ощущение открытости или, наоборот, давления. Слишком большие пространства иногда вызывают чувство отчуждения. Если площадь имеет значительные размеры, но практически не содержит мест для отдыха, деревьев и других элементов, человек может воспринимать её как транзитную территорию. В то же время чрезмерно плотная застройка может создавать ощущение замкнутости. Важным становится поиск баланса между открытым и закрытым пространством. Человеку необходимо ощущать возможность свободного движения, но одновременно понимать границы территории и иметь визуальные ориентиры. Большое значение имеет и организация маршрутов. Если человеку приходится постоянно искать нужный проход, вход или переход, это повышает психологическую нагрузку. Понятная структура улиц и площадей позволяет быстрее ориентироваться и чувствовать себя увереннее.

На психологическое восприятие города также влияют цвет и материалы зданий. Цветовая среда может вызывать различные эмоциональные реакции. Спокойные и нейтральные оттенки чаще воспринимаются как сдержанные, тогда как большое количество ярких цветов может создавать ощущение

активности и динамики. При этом нельзя говорить о том, что определённый цвет всегда вызывает одинаковую реакцию. Его восприятие зависит от освещения, окружающей застройки, климата и культурного контекста. Поэтому при выборе цветового решения важно учитывать не отдельное здание, а всю окружающую среду.

Большое значение имеет и освещение. Хорошо организованный свет помогает человеку ориентироваться в пространстве и повышает ощущение безопасности в вечернее время. Неудачное освещение, наоборот, может создавать резкие контрасты и визуальный дискомфорт. Материалы также участвуют в формировании общего впечатления. Их фактура, цвет и характер отражения света могут делать пространство более тёплым или, наоборот, визуально холодным.

Природные элементы являются важной частью психологически комфортной городской среды. Деревья, газоны, небольшие сады и скверы позволяют человеку визуально и эмоционально отвлечься от плотной городской застройки. В исследованиях городской среды озеленение рассматривается не только как декоративный элемент, но и как фактор повышения качества пространства. Наличие растительности может сделать улицу менее монотонной, создать тень и сформировать более приятный масштаб для пешехода [1, с. 66–72]. Особенно заметна роль зелёных пространств в районах с плотной застройкой. Даже небольшой сквер может стать местом, где человек может сделать паузу, отдохнуть и снизить ощущение городской нагрузки. Кроме того, зелёные зоны способны создавать визуальное разделение между различными функциональными участками.

Психологическое восприятие напрямую связано с тем, насколько безопасным человек считает окружающее пространство. На это влияют обзорность, освещение, состояние зданий, наличие людей и понятность маршрутов. Закрытые фасады, плохо освещённые проходы и заброшенные территории могут вызывать чувство тревоги. Напротив, активные первые этажи, окна, входы в здания и хорошо просматриваемые пешеходные маршруты делают городскую среду более понятной. Поэтому безопасность в архитектуре нельзя рассматривать только как техническую задачу. Она связана и с тем, какое эмоциональное состояние вызывает пространство у человека. Важную роль играет и наличие других людей. Пространство, в котором постоянно кто-то находится, обычно воспринимается как более живое и предсказуемое.

Городская архитектура влияет не только на индивидуальное состояние человека, но и на его поведение. Планировка может способствовать встречам, общению и совместному отдыху либо, наоборот, заставлять людей постоянно двигаться через территорию, не задерживаясь на ней. Например, правильно расположенные места для сидения могут создавать условия для общения. Небольшие площади перед общественными зданиями могут становиться точками встреч. Детские площадки, кафе, магазины и зоны отдыха при грамотном размещении дополняют друг друга и делают пространство более активным.

Таким образом, архитектура фактически задаёт определённые сценарии использования территории. При этом она не должна слишком жёстко ограничивать человека. Хорошее общественное пространство оставляет возможность выбора: пройти, остановиться, пообщаться или просто провести некоторое время в спокойной обстановке [2]. Архитектура оказывает заметное влияние на психологическое восприятие городской среды. Человек реагирует не только на функциональность здания, но и на его масштаб, форму, цвет, освещение, материалы и связь с окружающим пространством. При проектировании города важно учитывать, что одна и та же архитектурная среда может вызывать у людей разные ощущения. Поэтому задача архитектора заключается не в создании максимально эффектных объектов, а в формировании понятного, удобного и эмоционально комфортного пространства. Особое значение имеют человеческий масштаб, наличие зелени, хорошее освещение, визуальная связность и возможность спокойно перемещаться или отдыхать. Учёт этих факторов позволяет создавать городскую среду, которая не только выполняет практические функции, но и положительно влияет на повседневное состояние человека.

В конечном счёте, качественная архитектура должна быть ориентирована не только на внешний образ города. Её важная задача – сделать пребывание человека в городе более комфортным. Именно поэтому психологическое восприятие следует учитывать уже на начальных этапах проектирования, а не рассматривать его как второстепенный результат готового архитектурного решения.

Список литературы

1. Кочеткова Т. В., Алейникова Н. В. Комфортность городской среды // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 11. – С. 66–72.

2. Солдатова Е. С. Создание комфортной городской среды – основа будущих городов // Форум молодых ученых. – 2018. – № 5-3 (21). – С. 279–283.
3. Кульков А. А. Практика формирования общественных пространств и их воздействие на городскую среду // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2025. – № 3 (173). – С. 49–58.

© Таран Д.А., Мединский Г.О., 2026

СЕКЦИЯ ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

УДК 784.1

ЧЕРТЫ СТИЛЯ ФРАНСИСА ПУЛЕНКА НА ПРИМЕРЕ ХОРА «ПРЕКРАСНАЯ И ПОХОЖАЯ» НА СТИХИ ПОЛЯ ЭЛЮАРА

Равикович Лидия Леонидовна

канд. иск., профессор

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный институт искусств
имени Дмитрия Хворостовского»

Аннотация: Статья посвящена одному из ярких и самобытных хоровых сочинений Франсиса Пуленка, анализ которого позволяет выявить характерные черты стиля выдающегося французского мастера, чьи произведения получили заслуженное признание как среди музыкантов-профессионалов, так и среди широких слушателей. В работе рассматриваются вопросы взаимосвязи поэтического текста и средств музыкальной выразительности, анализируются особенности мелодического, ритмического и ладогармонического языка произведения, его фактурная организация.

Ключевые слова: композиция, тональность, метроритм, поэтический текст, гармония, фактура.

FEATURES OF FRANCIS POULENC'S STYLE, EXEMPLIFIED BY THE CHORUS «BEAUTIFUL AND LIKE» SET TO POEMS BY PAUL ÉLUARD

Ravikovich Lidiya Leonidovna

Abstract: The article is devoted to one of the most striking and distinctive choral works by Francis Poulenc, the analysis of which makes it possible to identify the characteristic features of the style of this outstanding French master, whose works have received well-deserved recognition both among professional musicians and among a wide audience. The paper examines the relationship between the poetic text and the means of musical expression, analyses the features of the melodic, rhythmic and harmonic language of the work, and its texture organization.

Key words: composition, tonality, metrorhythm, poetic text, harmony, texture.

В обширном и многогранном творческом наследии Франсиса Пуленка камерно-вокальные сочинения и хоровая музыка занимают важное место. Им написано 29 вокальных циклов для голоса и фортепиано или для голоса и инструментального ансамбля, а также более 20 отдельных песен на стихи современных композитору поэтов, среди которых следует назвать Гийома Аполлинера (циклы «Бестиарий», «Банальности», «Каллиграммы»), Поля Элюара («Тот день, та ночь» «Лед и пламень»), Макса Жакоба («Бретонские песни»), Жана Кокто («Кокарды»), Луи Арагона, Робера Десноса и др. Любимыми поэтами композитора были Г. Аполлинер и П. Элюар, чья поэзия сохраняла для него притягательную силу с юных лет и до конца жизни.

Признанный мастер вокального жанра, Пуленк питал особую любовь к хоровой музыке. Композитором создано большое количество духовных хоровых сочинений. Среди них: кантаты «Gloria» и «Stabat Mater», Месса G-dur, Четыре Рождественских мотета, Четыре покаянных мотета, Литании к Черной Богоматери, Четыре маленькие молитвы Святого Франциска Ассизского, Лауды Святого Антония Падуанского, Семь Респонсориюв Страстной недели и др.

Чрезвычайно интересны и его светские произведения: кантаты («Засуха» на стихи Э. Джеймса, «Лик человеческий» и «Снежный вечер» на стихи Поля Элюара), цикл «Семь песен для смешанного хора a cappella». Все эти сочинения можно отнести к значительным явлениям французской музыкальной культуры первой половины XX века.

Ярким примером творческого стиля Пуленка может служить произведение «Belle et ressemblante» («Прекрасная и похожая»), созданное на стихи Поля Элюара, который, будучи близким другом композитора, сыграл огромную роль в его творческой жизни. Так, в 1935 году Пуленк впервые написал музыку на стихи поэта – вокальный цикл «Пять стихотворений Поля Элюара» для голоса и фортепиано, который он считал «экспериментальным сочинением, попыткой повернуть ключ в замке» [1, с. 125]. Вспоминая о своем друге, композитор в беседе с музыкальным критиком Стефаном Оделем говорил: «Открыв однажды эффект просодии Элюара, я не переставал писать музыку на его стихи. В течение очень долгого времени не знал, как за это взяться... но однажды, когда я нашел ключ...я понял. Но и тогда мне приходилось говорить Полю Элюару, говорить довольно часто: “Мой бедный Поль, я опять собираюсь Вас искалечить...” – “Тем лучше, – отвечал он приветливо, – только делайте это побыстрее, мне не терпится Вас услышать”... Он дружелюбно соглашался на все мои требования» [1, с. 83].

Произведение «Прекрасная и похожая» вошло в цикл «Семь песен для смешанных голосов без сопровождения», написанный в 1936 году, основной темой которого является любовь как главная ценность человеческой жизни. Данный опус включает в себя два хора на стихи Г. Аполлинера (№ 1 «Белый снег», № 6 «Мари») и пять хоров на стихи П. Элюара (№ 2 «Грусть», № 3 «Встреча», № 4 «Все это ты», № 5 «Прекрасная и похожая», № 7 «Свети»).

Стихотворение Поля Элюара, послужившее поэтической основой хора «Прекрасная и похожая», представляет собой выдающийся образец философской лирики поэта, для которой характерна большая метафоричность, повествовательность и особая доверительность изложения. Оно посвящено Елене Ивановне Дьяконовой – супруге поэта, ставшей впоследствии моделью и музой Сальвадора Дали (табл. 1). Основная идея стихотворения – быстротечность времени и жизни, ее призрачность – воплощается через сравнение картины увядания природы с закатом человеческой жизни.

Таблица 1

Стихотворение «Прекрасная и похожая»

Оригинальный текст П. Элюара	Подстрочный перевод	Перевод В. Татаринова
Un visage à la fin du jour. Un berceau dans les feuilles mortes du jour. Un bouquet de pluie nue. Tout soleil caché Toute source des sources au fond de l'eau. Tout miroir des miroirs brisé. Un visage dans les balances du silence. Un caillou parmi d'autres cailloux. Pour les frondes des dernières lueurs du jour. Un visage semblable à tous les visages oubliés.	Лицо на закате дня. Колыбель в падающих листьях дня. Охалка голого ливня. Ускользнувшее солнце. Родник родников в глубине воды. Зеркало битых зеркал. Лицо на весах тишины. Камень среди остальных камней. Для пращи угасающих отблесков дня. Лицо похожее на все забытые лица.	Голый дождь на исходе дня. Ты портрет увяданья в раме окна. Ты одна, ты одна. Там, за окном, листопад в мокром золоте угас. Ни огней, ни путей у нас. Всё, что пело, и всё что грело, – мимо прошло. Горький час, закатный горький час... Ты прекрасна, и лицо твоё – щедрый сад. Всё погаснет. Как листья дни летят. Ты звезда, только звёзды не вечно светят. Ты уйдёшь без следа. Всё умчат года.

Стихотворение написано верлибром – особой формой свободного стихосложения, которой Элюар владел в совершенстве. Несомненно, верлибр с его отсутствием размера и рифмы составляет определенную трудность для любого композитора (необходимо соблюдать правило просодии и привести в соответствие ударения в вербальном тексте с ритмом мелодии). Тем не менее Пуленк, чутко реагирующий на поэтическое слово и интонацию, целенаправленно ищет и находит способы музыкального эквивалента стихам и блестяще с этим справляется.

Композитор облакает стихотворение в сквозную строфическую форму, состоящую из трех разделов-строф, в каждом из которых представлен новый музыкальный материал (табл. 2). При этом возвращение основной тональности (f-moll – F-dur) в третьем разделе указывает на черты трехчастности, хотя тематическая реприза отсутствует. Данные признаки, свойственные песенному жанру, характерны и для хорового стиля Пуленка.

Таблица 2

Форма произведения

А		В			С	
а	б	с	д	е	ф	г
4 т.	5 т.	3 т.	2 т.	3 т.	3 т.	5 т.
f – C	As – C	F – a	F – a	d – C	Des – C	f – F

Как видно, экспозиция написана в форме разомкнутого периода неквадратного строения, состоящего из двух предложений (4 + 5). Первое из них, изложенное в основной тональности f-moll, завершается остановкой на доминанте (C-dur). Второе предложение, которое начинается в параллельной тональности As-dur, завершается, по аналогии с первым, доминантовым секстаккордом (D₆), что создает ощущение незавершенности, внутреннего напряжения, беспокойства (т. 1 – 9).

Вторая строфа содержит новый музыкальный материал и выполняет функцию середины. Она имеет более дробное строение и состоит из трех построений, делящихся в свою очередь на отдельные сегменты. Отметим, что, начинаясь в одноименном мажоре (F-dur), она завершается остановкой на доминанте по аналогии с экспозицией (т. 10 – 17).

Третья строфа, отвечая своему назначению замыкающей части, выполняет функцию тональной репризы произведения. Первое предложение,

изложенное в Des-dur, – тональности, являющейся VI пониженной ступенью по отношению к F-dur, передает состояние горестного раздумья («Все погаснет. Как листья дни летят»). Появление доминанты C-dur готовит второе предложение, интонационно связанное с экспозицией, которое строится на тоническом органном пункте и завершается просветлением – одноименным мажором (F-dur). Изысканный силуэт мелодии воплощает хрупкий, поэтический музыкальный образ, таинственно ускользающий, как сновидение или мечта (т. 21 – 25).

Как видно, в данном произведении Пуленк опирается на традиционную мажоро-минорную систему, использует одноименные тональности, красочное сопоставление трезвучий I, III, V и VI ступеней, натуральные гармонии. По мнению Г. М. Шнеерсон, «творческий дар Пуленка получил очень естественное и плодотворное развитие в пределах бесконечно богатой и многогранной тональной системы. Несмотря на все «соблазны» атонализма, политонализма, додекафонии, серийной техники, Пуленк сумел сохранить независимую позицию. Он не раз заявлял о своем пренебрежительном отношении ко всем доктринерским теориям и системам, претендующим на монопольное положение в современной музыке» [2, с. 295].

Особую выразительность и тонкость хору придает мелодия с ее волнистым, мягко изгибающимся рисунком, в котором кристаллизуется музыкальный образ. Ее основу составляют устойчивые ступени тонического трезвучия (I – III – V), смягченные проходящим движением и опеваниями. Большую роль при этом играет скрытое голосоведение, образующее плавную волнообразную линию. Окружающие ее тоны и скачки украшают тему, вуалируют незамысловатый мелодический остов и обогащают его. Опевания третьей и пятой ступеней лада (f-moll) привносит в музыкальную ткань удивительную мягкость, элегантность и изящество.

Отметим, что в музыке хора замечательно воплощена идея стихотворного текста. С помощью музыкально-выразительных средств Пуленк передает своеобразный эмоциональный монолог лирического героя. Тематизм хора, отличающийся простым мелодическим строением, позволяет наиболее рельефно преподнести основную мысль. Мелодия строится в виде коротких фраз, в которых преобладают песенные черты со стилизацией элементов народных интонаций. Каждая из них, отличаясь по характеру, а также в интонационном, штриховом и динамическом плане, отделяется паузой, благодаря чему выделяются наиболее значимые слова.

Так, в первой строфе воплощаются глубокие размышления главного героя, связанные с горькими думами. Начальная фраза «Голый дождь на исходе дня» исполняемая партиями альтов и басов в октавный унисон в среднем регистре, фермата на квинтовом тоне и динамика *piano*, олицетворяют чувство опустошения и обреченности. Вторая фраза «Ты портрет увяданья в раме окна», порученная октавному унисону сопрано и теноров, является ее продолжением. Использование далее мелодического минора с выдержанным квинтовым звуком и опеванием VII повышенной ступени придает интонации дополнительную остроту (т. 1 – 4).

Второе предложение, создающее образ осени, ассоциирующейся с уходящим временем, увяданием, завершается кульминацией-вспышкой («Ни огней, ни путей у нас»), которая подчеркнута усилением звучности от *mezzo forte* к *forte*, восходящим движением мелодии и остановкой на доминанте, требующей разрешения (т. 5 – 9).

Во второй строфе музыка напоминает живую человеческую речь, прерываемую паузами, воплощая различные тонкие нюансы эмоционального состояния лирического героя: мягкая грусть и скрытое волнение, душевное смятение и отчаяние («Горький час, закатный горький час... Ты прекрасна, и лицо твое щедрый сад»).

Заключительный раздел хора вносит просветление и надежду на нечто прекрасное. Эфемерность кратких фраз привносит оттенок одухотворенности, задумчивости и умиротворения. Мажорный аккорд, которым заканчивается произведение, осветляет музыку, выводит из состояния тягостных мыслей, горестных раздумий и настраивает на созерцание (т. 25).

Смысловое наполнение этого музыкального произведения неизмеримо шире его названия. Интонации различного эмоционально-смыслового содержания, их яркость и связь с речевыми оборотами раскрывают драматургический смысл едва уловимых изменений психологического состояния, отражают разные оттенки эмоциональной жизни лирического героя.

Этому же способствует основной метр произведения 4/4, чередующийся с пятидольным и трехдольным, а также ритмический рисунок мелодии, в котором преобладает движение восьмых и четвертных длительностей.

Как отмечает И. А. Медведева, «жизненность и стремление к ясности сказываются у Пуленка и в своеобразном подходе к интерпретации поэтического текста. Избирая сложные, порой трудные для восприятия стихи

сюрреалистического плана Жакоба и Элюара, своей музыкой композитор приближал их к реальности, «спускал» на землю» [3, с. 203].

Раскрытию образной сферы сочинения помогает и богатый различными нюансами динамический план партитуры, и смена звуковедения: например, в первых трех фразах композитор использует ремарку *Legato e dolce* (связно, нежно), а в четвертой – *piu marcando* (немного подчеркивая), тем самым стремясь подчеркнуть смысл слов: наступление осени и разрушение надежд.

Важным фактором музыкальной композиции является регистровое и фактурное разнообразие. Различные тембровые сочетания в изложении мелодического материала вносят новые краски, расширяя тембровый диапазон. Так, в первых трех тактах используется монодическая фактура (тема, изложенная в октавный унисон, передается от низких голосов к высоким), которая далее сменяется гомофонией: мелодическая линия, порученная первым альтам и басам, звучит на фоне педалей вторых альтов и басов (т. 4). В свою очередь второе предложение («Там за окном листопад в мокром золоте угас») излагается гетерофонно – параллельными интервалами и аккордами (т. 5 – 9).

К разным видам фактуры композитор обращается и в последующих разделах – хоральной (т. 10 – 12), гетерофонно-гармонической (т. 13 – 17), гетерофонно-подголосочной (т. 25).

В данной партитуре, как и в других хорах, Пуленк соединяет классический и свободный типы письма, при этом свободный стиль изложения у Пуленка органично вбирает приемы классического хорового письма. Композитор почти не использует колористические приемы (пение закрытым ртом, вокализацию, звукоподражание). Главное внимание он уделяет поэтическому тексту. Он стремится к детализации, подчеркиванию отдельных слов особыми гармоническими и мелодическими красками. Мелодика, обогащение каждого голоса разнообразными мелодическими ходами приводят к «прозрачности» фактуры, четкости и ясности музыкального языка. В результате сопряжения «вертикали» и линейности голосоведения происходит влияние на изменение тесситурно-регистрового соотношения голосов, на фоническое звучание комплексов, «игру света и тени». Мелодическая линия отдельного голоса, ее плавность и осмысленность, удобство голосоведения в хорах Пуленка могут служить образцом хорового письма XX века.

Пуленк очень свободно пользуется метром. Порой размер меняется в каждом такте, также довольно часто меняется и темп. Большое внимание

композитор уделяет паузам, выписывая их тщательным образом. Эта раскованность метра и темпа также исходит от текста, свободной импровизационной манеры декламации, что представляет определенную трудность для исполнителя.

В своих произведениях Пуленк мастерски использует весь широчайший спектр возможностей хора, учитывая тесситурные и тембральные особенности партий, сочетая сольные и туттийные эпизоды. Очень внимателен композитор к выставлению штрихов и динамики. Кроме привычных авторских указаний темпа и нюанса, мы находим такие ремарки, как «чисто и светло», «нашептывая», «вспышкой», «глухо», «светло, но без грусти» и др.

Будучи большим мастером хорового письма, Франсис Пуленк создал целый ряд превосходных хоровых сочинений, которые заслуженно пользуются успехом как у профессионалов, так и у любителей музыки.

Список литературы

1. Пуленк Ф. Я и мои друзья / Вступ. статья, примечания и общая редакция Г. Филенко. – Л.: Музыка. – 1977. – 160 с.
2. Шнеерсон Г. М. Французская музыка XX века. – М.: Музыка. – 1964. – 404 с.
3. Медведева И. А. Франсис Пуленк. – М.: Советский композитор. – 1969. – 240 с.

© Равикович Л.Л., 2025

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУКА МОЛОДАЯ - 2026

Сборник статей

II Международного конкурса молодых учёных,
состоявшегося 19 августа 2026 г. в г. Петрозаводске.

Ответственные редакторы:

Ивановская И.И., Кузьмина Л.А.

Подписано в печать 21.08.2026.

Формат 60х84 1/16. Усл. печ. л. 8.43.

МЦНП «НОВАЯ НАУКА»

185002, г. Петрозаводск,

ул. С. Ковалевской, д.16Б, помещ. 35.

office@sciencen.org

www.sciencen.org

16+

НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства



NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

МЦНП «НОВАЯ НАУКА» - член Международной ассоциации издателей научной литературы «Publishers International Linking Association»

ПРИГЛАШАЕМ К ПУБЛИКАЦИИ

- 1. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-практических конференций**

<https://www.sciencen.org/konferencii/grafik-konferencij/>



- 2. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-исследовательских,
профессионально-исследовательских конкурсов**

<https://www.sciencen.org/novaja-nauka-konkursy/grafik-konkursov/>



- 3. в составе коллективных монографий**

<https://www.sciencen.org/novaja-nauka-monografii/grafik-monografij/>



<https://sciencen.org/>