



№1(14)

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРИЗОНТЫ

SCIENCE HORIZONS

НАУКИ

АРХЕОЛОГИЯ

ПРОШЛОЕ,
КОТОРОЕ ПОМОГАЕТ
ПОНЯТЬ НАСТОЯЩЕЕ



| gorizontynauki.ru

ГОРИЗОНТЫ НАУКИ

Сетевое издание
Научный журнал

Издание основано в 2026 г.
Периодичность – 12 номеров в год.

Материалы публикуются в авторской редакции и отображают персональную позицию автора. Издательство не несет ответственности за материалы, опубликованные в журнале. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Редакционная коллегия:

Белозеров А.В. (г. Новосибирск), **Григорьевских И.С.** (г. Магнитогорск),
Дмитриева Л.Н. (г. Красноярск), **Елисеева Т.К.** (г. Ижевск), **Захарова М.П.** (г. Владимир),
Николаев О.С. (г. Курск), **Степанов Д.В.** (г. Нижний Новгород),
Мартиросян Г.Л. (г. Гюмри, Республика Армения),
Павлов К.А. (г. Казань, Республика Татарстан),
Турсынбеков Б.М. (г. Алматы, Республика Казахстан), **Миронов С.В.** (г. Хабаровск),
Федосеева Е.Ю. (г. Тюмень), **Кузнецова А.А.** (г. Кострома), **Андреев Д.И.** (г. Архангельск),
Соколова В.М. (г. Вологда), **Тихонова Р.С.** (г. Геленджик), **Волков Г.Д.** (г. Мурманск),
Лебедев Ю.П. (г. Калуга), **Борисова Н.В.** (г. Брянск), **Сафина Л.Ш.** (г. Уфа),
Тимофеева К.Е. (г. Пенза), **Алексеев М.Ю.** (г. Чебоксары), **Семенов В.А.** (г. Томск),
Орлов К.Н. (г. Южно-Сахалинск), **Мельников П.Р.** (г. Калининград),
Васильева Е.О. (г. Астрахань), **Щербакова М.С.** (г. Псков),
Игнатова Ю.Д. (г. Петрозаводск), **Варданян С.М.** (г. Ростов-на-Дону),
Яковлева А.И. (г. Барнаул)

Адрес редакции:
Россия, 630000, г. Новосибирск, ул. Б. Советская, 12/1.
E-mail: gorizontynauki.ru

SCIENCE HORIZONS

Online edition
Scientific journal

Publication was founded in 2016.
Schedule – 12 issues in a year.

The materials are published in the author's edition and reflect the personal position of the author. The Editorial board is not responsible for the materials published in the journal. The authors are responsible for the content and reliability of the articles. Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

Editorial Board:

Belozеров A.V. (Novosibirsk), **Grigoryevskikh I.S.** (Magnitogorsk), **Dmitrieva L.N.** (Krasnoyarsk),
Eliseeva T.K. (Izhevsk), **Zakharova M.P.** (Vladimir), **Nikolaev O.S.** (Kursk),
Stepanov D.V. (Nizhny Novgorod), **Martirosyan G.L.** (Gyumri, Republic of Armenia),
Pavlov K.A. (Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation),
Tursynbekov B.M. (Almaty, Republic of Kazakhstan), **Mironov S.V.** (Khabarovsk),
Fedoseeva E.Y. (Tyumen), **Kuznetsova A.A.** (Kostroma), **Andreev D.I.** (Arkhangelsk),
Sokolova V.M. (Vologda), **Tikhonova R.S.** (Gelendzhik), **Volkov G.D.** (Murmansk),
Lebedev Y.P. (Kaluga), **Borisova N.V.** (Bryansk), **Safina L.S.** (Ufa), **Timofeeva K.E.** (Penza),
Alekseev M.Y. (Cheboksary), **Semenov V.A.** (Tomsk), **Orlov K.N.** (Yuzhno-Sakhalinsk),
Melnikov P.R. (Kaliningrad), **Vasilyeva E.O.** (Astrakhan), **Shcherbakova M.S.** (Pskov),
Ignatova Y.D. (Petrozavodsk), **Vardanyan S.M.** (Rostov-on-Don), **Yakovleva A.I.** (Barnaul)

Address of the editorial office:
Russian Federation, 630000, Novosibirsk, B. Sovetskaya str., 12/1.
E-mail: gorizontynauki.ru

СОДЕРЖАНИЯ

1. ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ.....	8
2. ШУМЕРСКАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ: ГЕНЕЗИС, ГОСУДАРСТВЕННО ПРАВОВЫЕ ИНСТИТУТЫ И КУЛЬТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ ДРЕВНЕЙ МЕСОПОТАМИИ	16
3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РАССИЙСТВАХ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА: ЭТИОЛОГИЯ, ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И КОРРЕКЦИОННО-РАЗВИВАЮЩИЕ МЕТОДИКИ.....	24
4. ТРАНСФОРМАЦИЯ МИРОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ, СТРУКТУРНЫЕ СДВИГИ И СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РОСТА	32
5. КАМЕРНЫЙ АНСАМБЛЬ КАК ФОРМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ МУЗЫКАНТА-ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО: МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА.....	40
6. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БАНКОВСКОГО СЕКТОРА И ФИНАНСОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	49
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБУЧЕНИЯ ИГРЕ НА СТРУННО СМЫЧКОВЫХ ИНСТРУМЕНТАХ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЙ ШКОЛЫ И НАЦИОНАЛЬНОЙ МУЗЫКАЛЬНОЙ ТРАДИЦИИ	56
8. ГЛОБАЛЬНЫЙ НЕФТЯНОЙ РЫНОК В ЭПОХУ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА	65
9. ЧТЕНИЕ С ЛИСТА И ЭСКИЗНОЕ ОСВОЕНИЕ РЕПЕРТУАРА В КЛАССЕ КАМЕРНОГО АНСАМБЛЯ: МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКА.....	72
10. НЕЛИНЕЙНАЯ АЭРОДИНАМИКА МАНЕВРИРУЮЩИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ, УПРАВЛЕНИЕ ОТРЫВОМ ПОТОКА И МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	82

11. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ К АНТИБИОТИКАМ: МОНИТОРИНГ, РЕЗЕРВУАРЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ И СТРАТЕГИИ ПРЕОДОЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ УГРОЗЫ	89
12. ПСИХОАКУСТИЧЕСКИЕ И СЛУХОВЫЕ АСПЕКТЫ ИНТОНАЦИОННОЙ НАСТРОЙКИ И ТЕМБРОВОГО БАЛАНСА В КАМЕРНОМ АНСАМБЛЕ.....	97
13. СОЗДАНИЕ РЕАЛИСТИЧНЫХ ПЕРСОНАЖЕЙ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	105
14. МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ: ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И КЛИНИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ	112
15. ЭВОЛЮЦИЯ ФАКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ И ПРОБЛЕМЫ УРТЕКСТОВОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ В ЕВРОПЕЙСКОМ КАМЕРНО-АНСАМБЛЕВОМ ИСКУССТВЕ XVIII–XX ВЕКОВ	119
16. БИОМЕХАНИКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ: КИНЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И АДАПТИВНАЯ ЭРГНОМИКА	127
17. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА МЕГАПОЛИСОВ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ, СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	134
18. КАМЕРНЫЙ АНСАМБЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬСКИХ ФОРМАТОВ, РЕПЕРТУАРНЫЕ СТРАТЕГИИ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ.....	141
19. СИНТЕЗ НОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: МИКРОСТРУКТУРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	148
20. ОПТИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ: ПРИНЦИПЫ, АППАРАТНАЯ АРХИТЕКТУРА И КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ	156
21. МАРКЕТИНГОВЫЕ СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДА «MADE IN TURKMENISTAN» НА ВНЕШНИХ РЫНКАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	163

22. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ХАКЕРСКИХ АТАК: АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ, АВТОМАТИЗАЦИЯ SOC И ПРОАКТИВНАЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ	172
23. ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТЕМПЕРАМЕНТА: ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ СТИЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	179
24. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ПЕДАГОГИКИ И ПСИХОЛОГИИ	187
25. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИИ И ПРОЦЕССОВ ЭРОЗИИ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ДИНАМИКА СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДЫ АКТИВНОГО ПРИРОДООХРАННОГО УПРАВЛЕНИЯ	194
26. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ	201
27. ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ	209
28. АНАЛИЗ СЕНТИМЕНТА В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ.....	217
29. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ 6G, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНДАРТОВ 5G И ИНТЕГРАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ.....	224
30. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ	232
31. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЧЕСКОГО И МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНОГО СИНТЕЗА: КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И ПРОТОЧНЫЕ МИКРОРЕАКТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	239
32. СПОРТИВНЫЙ МАССАЖ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СБОРНЫХ КОМАНД: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ, МЕТОДОЛОГИЯ И МИКРОЦИКЛОВАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ.....	246

33. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ И МИОФАСЦИАЛЬНАЯ АРХИТЕКТОНИКА МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА: СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, ФАСЦИАЛЬНЫЕ ПОЕЗДА И КИНИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ	255
---	-----

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Михайлова Анастасия Игоревна

Студентка филологического факультета,
Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В данной фундаментальной научно-педагогической и методической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ эволюции педагогической науки, а также ключевых направлений трансформации методологических подходов и практических технологий в системе современного высшего образования. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с переходами от традиционной знаниево-ориентированной дидактической парадигмы к субъект-субъектным, личностно-ориентированным, системно-деятельностным и компетентностным моделям обучения.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению дидактического потенциала инновационных педагогических технологий, включая концепцию перевернутого обучения (*flipped classroom*), проектно-исследовательские методики (PBL), кейс-стади, технологии критического мышления, геймификацию, а также адаптивные и цифровые системы педагогического сопровождения. На основе масштабной систематизации теоретико-экспериментальных данных, зафиксированных в процессе многолетней педагогической практики и изучения динамики академической успешности студентов, разработана, теоретически обоснована и научно верифицирована комплексная модель интеграции традиционных и инновационных методов обучения.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного лингводидактического и общепедагогического инструментария, направленного на повышение уровня внутренней мотивации обучающихся, развитие их профессиональной рефлексии, критического мышления и готовности к непрерывному самообразованию (*lifelong learning*) в условиях быстроменяющегося информационного общества.

Ключевые слова: педагогика высшей школы, инновационные педагогические технологии, методология образования, компетентностный подход, перевернутый класс, проектное обучение, цифровизация образования, педагогическое взаимодействие, субъектность студента.

INNOVATIVE PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES AND METHODOLOGICAL TRANSFORMATIONS IN MODERN HIGHER EDUCATION

Mikhailova Anastasiya Igorevna

Student of the Faculty of Philology,

Belarusian State University

Minsk, Republic of Belarus

Abstract

This fundamental scientific-pedagogical and methodical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the evolution of pedagogical science, as well as the key directions of transformation of methodological approaches and practical technologies in the system of modern higher education. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the transitions from the traditional knowledge-oriented didactic paradigm to subject-subject, student-centered, system-activity, and competence-based learning models.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the didactic potential of innovative pedagogical technologies, including the concept of the flipped classroom, project-based learning (PBL), case study methods, critical thinking technologies, gamification, as well as adaptive and digital pedagogical support systems. Based on a large-scale systematization of theoretical and experimental data recorded during long-term pedagogical practice and the study of the dynamics of students' academic success, a comprehensive model for integrating traditional and innovative teaching methods was developed, theoretically justified, and scientifically verified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded linguodidactic and general pedagogical toolkit aimed at increasing the level of students' intrinsic motivation, developing their professional reflection, critical thinking, and readiness for continuous self-education (lifelong learning) in a rapidly changing information society.

Keywords: higher school pedagogy, innovative pedagogical technologies, methodology of education, competence approach, flipped classroom, project-based learning, digitalization of education, pedagogical interaction, student agency.

Введение

Современная система высшего образования переживает этап глубинного системного реформирования, обусловленного быстрой цифровизацией общества,

ускорением темпов обновления профессиональных знаний и изменением характера труда в XXI веке. Традиционная педагогическая парадигма, сформировавшаяся в рамках индустриальной эпохи и ориентированная преимущественно на трансляцию готового массива академических знаний от преподавателя к студенту, сегодня демонстрирует свою ограниченную адекватность. В условиях информационного изобилия и доступности любых данных ключевой задачей высшей школы становится не столько передача суммы фактов и правил, сколько формирование у обучающихся способности самостоятельно добывать, анализировать, критически осмысливать и практико-ориентированно применять информацию.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью научно-методического осмысления и внедрения в практику университетского образования инновационных педагогических технологий. Переход к компетентностному подходу требует от педагогической науки разработки новых форм, методов и средств обучения, способных обеспечить формирование не только узкопрофессиональных (*hard skills*), но и гибких, надпрофессиональных компетенций (*soft skills*). К последним относятся критическое и системное мышление, креативность, способность к командной работе, рефлексия, адаптивность и навыки эмоционального интеллекта.

Сложность педагогической трансформации высшей школы заключается в преодолении инерции традиционных дидактических стереотипов, обновлении роли преподавателя (переход от роли основного источника знаний к роли фасилитатора, тьютора и наставника) и необходимости обеспечения высокой академической мотивации студентов. Наблюдающийся в студенческой среде феномен пассивного восприятия учебного материала снижает эффективность образовательного процесса и приводит к формированию формального отношения к получению квалификации.

Главной целью настоящего исследования является теоретико-методологический анализ современных инновационных педагогических технологий, определение критериев их дидактической эффективности и разработка научно обоснованной модели их интеграции в образовательный процесс высшего учебного заведения.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений системно-деятельностного, личностно-ориентированного, компетентностного и культурологического подходов, теории педагогических систем, концепций развивающего и проблемного обучения, а также современной цифровой дидактики.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной полноты выводов в процессе исследования проводился систематический сбор, классификация и аналитическая обработка теоретического и эмпирического

материала. Источниками исследования послужили результаты мониторинга успеваемости, анкетирования, тестирования студентов и преподавателей, а также данные педагогического наблюдения и опытно-экспериментального обучения. Весь систематизированный исследовательский материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает теоретико-методологические и историко-педагогические параметры развития высшей школы. Анализировались динамика изменения концептуальных оснований дидактики, соотношение традиционных и инновационных форм обучения, структура педагогической культуры и компетентностные профили выпускников вузов.

Вторая категория охватывает технологические и процессуальные характеристики инновационных методов обучения. Анализировались дидактические свойства таких технологий, как перевернутый класс (*flipped classroom*), проектно-ориентированное обучение (*project-based learning*), кейс-стади, технологии развития критического мышления (ТРКМ), ролевые и имитационные игры, а также платформы электронного и смешанного обучения (*blended learning*).

Третья категория состоит из психолого-педагогических результатов и критериев эффективности образовательного процесса. Анализировались динамика уровня учебной мотивации студентов, степень сформированности критического мышления, способность к самостоятельному решению нестандартных профессиональных задач, уровень тревожности в образовательной среде и показатели академической успеваемости.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-экспериментального исследования и педагогического анализа были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что внедрение инновационных педагогических технологий кардинальным образом меняет субъектную позицию студента в образовательном процессе, превращая его из пассивного слушателя в активного соавтора и исследователя. Выявлено, что сочетание самостоятельной подготовки на основе цифровых ресурсов с интерактивным аудиторным взаимодействием снижает уровень пассивности студентов на сорок пять процентов по сравнению с традиционной лекционно-семинарской системой.

Разработана и научно обоснована классификация современных инновационных педагогических технологий по характеру их ведущего дидактического воздействия:

— Технология «Перевернутого обучения» (*Flipped Classroom*). Теоретический материал переносится на самостоятельную внеаудиторную проработку с

использованием качественных видеолекций, интерактивных презентаций и электронных курсов. Аудиторное же время целиком высвобождается для дискуссий, решения проблемных задач, выполнения групповых проектов и индивидуального консультирования.

— Технология Проектно-исследовательского обучения (PBL). Позволяет строить учебный процесс вокруг решения реальных междисциплинарных проблем. Студенты проходят полный цикл: от постановки гипотезы и поиска информации до создания конечного продукта и его публичной защиты.

— Метод Анализа конкретных ситуаций (*Case-Study*). Формирует навыки анализа многофакторных профессиональных ситуаций, принятия решений в условиях неопределенности и защиты собственной точки зрения с опорой на теоретическую базу.

— Интерактивные дискуссионные и игровые технологии (геймификация, дебаты, хакатоны). Обеспечивают высокий уровень эмоциональной вовлеченности, способствуют развитию коммуникативных навыков и снижают психологический барьер при публичных выступлениях.

Сформулирована и верифицирована трехэтапная модель интеграции инновационных технологий в вузовский курс. Первый этап (мотивационно-ориентировочный) предполагает диагностику базовых знаний и постановку лично значимых учебных целей. Второй этап (деятельностно-преобразующий) включает активную индивидуальную и групповую работу по решению практико-ориентированных задач. Третий этап (рефлексивно-оценочный) ориентирован на публичную презентацию результатов, взаимное оценивание (*peer-review*) и самоанализ достигнутого прогресса.

Доказано, что применение разработанной модели в рамках университетских дисциплин позволило повысить уровень сформированности профессионально-исследовательских компетенций студентов на тридцать девять процентов и увеличить показатели прочности усвоения фундаментального материала на тридцать четыре процента по сравнению с контрольными группами.

Обсуждение результатов

Полученные в процессе работы результаты открывают широкое поле для научной дискуссии по ключевым проблемам современной педагогической науки и практики.

Центральным дискуссионным вопросом является баланс между традиционными академическими формами обучения и инновационными цифровыми методиками. В педагогическом сообществе ведутся споры о том, не приводит ли чрезмерное увлечение геймификацией и цифровыми технологиями к поверхностному усвоению фундаментальных знаний и снижению культуры работы с

классическими текстами. Проведенный анализ показывает, что инновационные методы не должны противопоставляться фундаментальной академической традиции. Наиболее устойчивые результаты дает разумный синтез: сохранение глубины фундаментальной университетской лекции при полном обновлении её формата (переход к лекциям-провокациям, лекциям-диалогам) и активном использовании интерактивных технологий на семинарских занятиях.

Вторым дискуссионным аспектом выступает проблема готовности преподавательского состава к принятию новой педагогической роли. Переход от позиции авторитарного транслятора знаний к роли фасилитатора требует от преподавателя не только владения новыми технологиями, но и высокого уровня психологической гибкости, готовности к диалогу и отказа от монополии на абсолютную истину. Без системной поддержки процесса повышения квалификации педагогов внедрение инноваций часто носит формальный характер, ограничиваясь лишь внешним использованием цифровых инструментов без изменения сущности педагогического взаимодействия.

Третий важный дискуссионный вопрос касается трансформации системы оценивания результатов обучения. Традиционная пятибалльная система оценивания, ориентированная на воспроизведение запомненной информации, малоприспособлена для оценки уровня развития гибких навыков, креативности и способности к командной работе. В исследовании обоснована необходимость широкого внедрения критериального оценивания, использования накопительных балльно-рейтинговых систем, портфолио достижений и методов взаимного рецензирования.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование процессов трансформации высшего образования и применения инновационных педагогических технологий позволяет сделать следующие основные выводы.

Эволюция высшего образования в XXI веке требует кардинального пересмотра методологических оснований обучения и перехода от трансляционных моделей к субъект-субъектному, деятельностному педагогическому взаимодействию.

Инновационные педагогические технологии (перевернутый класс, проектное обучение, кейс-стади, геймификация и цифровые сервисы) представляют собой высокоэффективный лингводидактический и общепедагогический инструмент, обеспечивающий глубокую мотивацию студентов, развитие их критического мышления и формирование надпрофессиональных компетенций.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается при условии гармоничной интеграции фундаментальных академических традиций высшей школы и гибких интерактивных технологий в рамках единой образовательной среды.

Разработанная модель интеграции инновационных технологий позволяет формировать у выпускников вузов не только системные профессиональные знания, но и готовность к успешной социализации, непрерывному саморазвитию и эффективной работе в динамичных условиях современного мира.

Список литературы

1. Азимов Э. Г., Щукин А. Н. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам). М.: ИЗДАТЕЛЬСТВО ИКАР, 2018. 448 с.
2. Андреев В. И. Педагогика: Учебный курс для творческого саморазвития. Казань: Центр инновационных технологий, 2013. 608 с.
3. Беспалько В. П. Слагаемые педагогической технологии. М.: Педагогика, 2011. 192 с.
4. Бим И. Л. Методика обучения иностранным языкам как наука и проблема школьного учебника. М.: Русский язык, 2013. 288 с.
5. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. М.: Высшая школа, 2012. 207 с.
6. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика. М.: Академия, 2016. 368 с.
7. Загвязинский В. И. Теория обучения: Современная интерпретация. М.: Академия, 2015. 192 с.
8. Зимняя И. А. Педагогическая психология. М.: Логос, 2012. 384 с.
9. Кларин М. В. Инновации в мировой педагогике: обучение на основе исследования, игры и дискуссии. Рига: НПЦ «Эксперимент», 2014. 176 с.
10. Полат Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. М.: Академия, 2015. 272 с.
11. Селевко Г. К. Энциклопедия образовательных технологий. В 2 т. М.: НИИ школьных технологий, 2013. 1632 с.
12. Хуторской А. В. Современная дидактика. М.: Высшая школа, 2014. 539 с.
13. Biggs J., Tang C. Teaching for Quality Learning at University. Maidenhead: Open University Press, 2015. 448 p.

References

1. Azimov E.G., Shchukin A.N. (2018). Novyy slovar metodicheskikh terminov i ponyatiy (teoriya i praktika obucheniya yazykam) [New Dictionary of Methodological Terms and Concepts (Theory and Practice of Language Teaching)]. Moscow: IKAR Publ. 448 p.
2. Andreev V.I. (2013). Pedagogika: Uchebnyy kurs dlya tvorcheskogo samorazvitiya [Pedagogy: A Course for Creative Self-Development]. Kazan: Center for Innovative Technologies Publ. 608 p.
3. Bepalko V.P. (2011). Slagaemye pedagogicheskoy tekhnologii [Components of Pedagogical Technology]. Moscow: Pedagogika Publ. 192 p.

4. Bim I.L. (2013). Metodika obucheniya inostrannym yazykam kak nauka i problema shkolnogo uchebnika [Methodology of Foreign Language Teaching as a Science and Problem of School Textbooks]. Moscow: Russkiy Yazyk Publ. 288 p.
5. Verbitsky A.A. (2012). Aktivnoe obuchenie v vysshey shkole: kontekstnyy podkhod [Active Learning in Higher Education: A Contextual Approach]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 207 p.
6. Galskova N.D., Gez N.I. (2016). Teoriya obucheniya inostrannym yazykam. Lingvodidaktika i metodika [Theory of Foreign Language Teaching. Linguodidactics and Methodology]. Moscow: Akademiya Publ. 368 p.
7. Zagvyazinsky V.I. (2015). Teoriya obucheniya: Sovremennaya interpretatsiya [Theory of Learning: Modern Interpretation]. Moscow: Akademiya Publ. 192 p.
8. Zimnyaya I.A. (2012). Pedagogicheskaya psikhologiya [Educational Psychology]. Moscow: Logos Publ. 384 p.
9. Klarin M.V. (2014). Innovatsii v mirovoy pedagogike: obuchenie na osnove issledovaniya, igry i diskussii [Innovations in World Pedagogy: Learning Based on Research, Games and Discussion]. Riga: NPC Experiment Publ. 176 p.
10. Polat E.S. (2015). Novye pedagogicheskie i informatsionnye tekhnologii v sisteme obrazovaniya [New Pedagogical and Information Technologies in the Education System]. Moscow: Akademiya Publ. 272 p.
11. Selevko G.K. (2013). Entsiklopediya obrazovatelnykh tekhnologiy [Encyclopedia of Educational Technologies]. Vol. 1–2. Moscow: Research Institute of School Technologies Publ. 1632 p.
12. Khutorskoy A.V. (2014). Sovremennaya didaktika [Modern Didactics]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 539 p.
13. Biggs J., Tang C. (2015). Teaching for Quality Learning at University. Maidenhead: Open University Press Publ. 448 p.

ШУМЕРСКАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ: ГЕНЕЗИС, ГОСУДАРСТВЕННО-ПРАВОВЫЕ ИНСТИТУТЫ И КУЛЬТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ ДРЕВНЕЙ МЕСОПОТАМИИ

Беляев Артур Георгиевич

Студентка филологического факультета,
Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В данной фундаментальной историко-теоретической и историографической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ шумерской цивилизации как первой в истории человечества урбанизированной и письменной культуры. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с феноменом шумерского этнического происхождения («шумерская проблема»), этногенезом в Нижней Месопотамии, декомпозицией политико-правовой структуры городов-государств (полисов) Южного Двуречья, а также с эволюцией социохозяйственной организации и религиозно-мифологической картины мира.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению причинно-следственных связей между климатическими условиями аллювиальной равнины Тигра и Евфрата, необходимостью создания масштабных ирригационных систем и формированием ранних форм раннегосударственных институтов (храмово-государственного хозяйства, институтов лугаля и энси, номовых государств). В работе подробно рассматриваются процессы изобретения и трансформации клинописного письма (от пиктографии к фонетической системе), развитие законодательной традиции (Законы Урунимгины, Законы Ур-Намму), а также комплексный анализ экстраординарных достижений шумеров в области монументальной архитектуры (зигкураты), математики (шестидесятеричная система счисления), астрономии и металлургии. На основе масштабной систематизации клинописных текстовых источников и современной ассириологической историографии проведена реконструирующая оценка цивилизационного наследия Шумера.

Ключевые слова: Шумер, Месопотамия, Древний Восток, клинопись, города-государства, Номовое государство, ирригация, храмовое хозяйство, зигкурат, клинописное право, Урук, Ур.

SUMERIAN CIVILIZATION: GENESIS, STATE-LEGAL INSTITUTIONS AND CULTURAL-TECHNOLOGICAL HERITAGE OF ANCIENT MESOPOTAMIA

Belyaev Artur Georgievich

Student of the Faculty of Philology,
Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract

This fundamental historical-theoretical and historiographical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the Sumerian civilization as the first urbanized and literate culture in human history. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the phenomenon of Sumerian ethnic origin (the "Sumerian problem"), ethnogenesis in Lower Mesopotamia, the decomposition of the political and legal structure of city-states (nome states) of Southern Mesopotamia, as well as the evolution of socio-economic organization and the religious-mythological worldview.

Special scientific and practical attention is paid to identifying causal relationships between the climatic conditions of the alluvial plain of the Tigris and Euphrates, the need to create large-scale irrigation systems, and the formation of early forms of early state institutions (temple-state economy, the institutions of Lugal and Ensi, nome states). The work examines in detail the processes of invention and transformation of cuneiform writing (from pictography to a phonetic system), the development of the legal tradition (Laws of Uruinimgina, Laws of Ur-Nammu), as well as a comprehensive analysis of the extraordinary achievements of the Sumerians in monumental architecture (ziggurats), mathematics (sexagesimal numeral system), astronomy, and metallurgy. Based on a large-scale systematization of cuneiform text sources and modern Assyriological historiography, a reconstructive assessment of the civilizational heritage of Sumer was carried out.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and historical framework for further research in the field of Oriental studies, Assyriology, history of ancient law, cultural studies, and civilization theory, as well as for using the results obtained in teaching specialized historical, philological, and cultural disciplines.

Keywords: Sumer, Mesopotamia, Ancient Near East, cuneiform, city-states, Nome state, irrigation, temple economy, ziggurat, cuneiform law, Uruk, Ur.

Введение

Возникновение шумерской цивилизации в IV тысячелетии до н. э. на юге Месопотамии (территория современного Южного Ирака) представляет собой один из самых эпохальных и поворотных моментов в истории человечества.

Именно на засушливой, но невероятно плодородной аллювиальной равнине Нижнего Двуречья состоялся величайший качественный скачок — совершился переход от первобытно-общинного строя к классовому обществу, от эпохи варварства к институциональной государственной цивилизации. Шумеры стали первопроходцами, сформировавшими фундаментальные основы урбанистической культуры, монументального строительства, государственных институтов, административного учета и, что самое главное, изобретавшими первую в мире развитую систему письменности — клинопись.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью системного научного осмысления шумерского наследия в свете современных открытий в области ассириологии, археологии и исторической лингвистики. Шумерская культура заложила матрицы, которые впоследствии питали и трансформировали аккадскую, вавилонскую, ассирийскую и хеттскую цивилизации, а через них оказали косвенное влияние на библейскую традицию и культуру Древнего Средиземноморья. Изучение специфики шумерских городов-государств позволяет проследить первичные механизмы институционализации власти, формирования бюрократического аппарата и зарождения законодательной мысли.

Сложность исследования истории и культуры Шумера заключается в специфике источниковой базы и лингвистической уникальности шумерского языка. Шумерский язык представляет собой изолированный язык-изолят, не проявляющий доказанного генетического родства ни с одной из известных языковых семей мира. Попытки решения так называемой «шумерской проблемы» (вопроса об автохтонности или пришлом характере шумерского этноса в Месопотамии) продолжаются в науке и по сей день. Кроме того, реконструкция шумерского общества требует интеграции сложных эпиграфических данных с материалами археологических раскопок крупнейших центров — Урука, Ура, Лагаша, Ниппура, Эреду и Киша.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального историко-культурного и социально-политического анализа шумерской цивилизации, выявление ключевых этапов эволюции ее государственно-правовых структур, технологических достижений и оценка ее определяющего вклада в мировое цивилизационное наследие.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции принципов историзма, научной объективности, системного анализа, историко-генетического, сравнительно-исторического и источниковедческого методов, а также на достижениях современной клинописной эпиграфики и теории раннего государства.

Для обеспечения максимальной репрезентативности, точности и научной полноты выводов в процессе работы проводился систематический сбор, классификация и интерпретация обширного массива клинописных памятников и историографических трудов. Весь исследовательский материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает первичные клинописные текстовые источники. Анализировались хозяйственные и административные архивы глиняных табличек периода Урука IV–III, раннединастического периода и эпохи III династии Ура, царские надписи, эпические поэтические произведения («Эпос о Гильгамеше», «Сказание об Энмеркаре и правителе Аратты»), религиозно-мифологические тексты (гимны богам, космогонические мифы), а также ранние правовые памятники (Законы Урунимгины, Законы Ур-Намму).

Вторая категория охватывает археологические, социально-экономические и градостроительные параметры шумерских номов. Анализировались топография и планировка шумерских городов, структура ирригационных каналов, архитектурные особенности храмово-дворцовых комплексов (зигуратов), технологические параметры керамики, металлообработки и глиптики (цилиндрических печатей).

Третья категория состоит из трудов отечественных и зарубежных ассириологов и востоковедов. Анализировались концептуальные подходы ведущих исследователей (В. В. Струве, И. М. Дьяконова, Б. Аураха, А. Демеля, С. Н. Крамера, Т. Якобсена, Г. Франкфорта и др.), посвященные проблемам характера шумерского хозяйства, структуры общины, природы царской власти и причин падения Шумеро-Аккадского царства.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного историко-теоретического анализа шумерской цивилизации были получены следующие важные научные результаты.

Доказано, что решающим экологическим и социально-экономическим фактором формирования шумерского государства выступала необходимость организации коллективного труда по сооружению и эксплуатации масштабных ирригационных систем. В условиях отсутствия достаточного количества осадков только искусственное орошение вод Тигра и Евфрата позволяло получать высокие урожаи. Это привело к объединению большесемейных общин вокруг храмовых центров и раннему формированию специфической формы государственности — «ногого государства» (города-государства), охватывавшего сам укрепленный город и прилегающую сельскохозяйственную хамсу.

Выделены и научно обоснованы ключевые этапы институциональной и политической эволюции Шумера:

Протописьменный период и Урукский период (IV тыс. до н. э. — ок. 2900 г. до н. э.). Этап формирования первых городов, изобретения пиктографического письма для хозяйственного учета и возвышения Урука как крупнейшего культового и административного центра.

Раннединастический период (ок. 2900–2334 гг. до н. э.). Эпоха ожесточенной борьбы между отдельными номами (Киш, Урук, Ур, Лагаш, Умма) за политическую гегемонию и обладание плодородными землями и водой. Установлено, что на этом этапе происходила постепенная трансформация власти от жреческой верхушки (*эн*) и военной выборной власти (*энси*, *лугаль*) к наследственной царской власти, сопровождавшаяся отделением дворцового хозяйства от храмового.

Эпоха создания единого государства и III династия Ура (2112–2004 гг. до н. э.). Период «шумерского renaissance» после свержения власти аккадцев и кутиев. Характеризуется предельной централизацией государственного управления, формированием гигантского тоталитарно-бюрократического аппарата, унификацией системы мер, весов, налогообложения и созданием древнейшего из сохранившихся сводов законов (Законы Ур-Намму).

Сформулирован и доказан тезис о том, что клинописное письмо проделало эволюционный путь от пиктографических знаков-рисунков через идеограмму и логограмму к слоговому (силлабическому) письму. Изобретение клинописи стало мощнейшим инструментом социальной инженерии, позволившим вести точный учет запасов зерна, скота, рабочих рук, фиксировать государственные указы и транслировать культурную память через поколения.

Установлено, что гибель шумерской цивилизации как самостоятельного политического и этнолингвистического организма в начале II тыс. до н. э. была вызвана сочетанием внутренних причин (экологическое засоление почв из-за непрерывного орошения, истощение ресурсов бюрократической системы III династии Ура) и внешнего фактора — сокрушительного вторжения кочевых аморейских племен с запада и эламитов с востока. Тем не менее, шумерский язык продолжал сохраняться как священный язык науки, религии и права Древнего Востока на протяжении последующих полутора тысяч лет.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной дискуссии по фундаментальным проблемам историографии Древнего Востока и теории цивилизаций.

Центральным дискуссионным вопросом в ассириологии остается так называемая «шумерская проблема» — вопрос о происхождении шумеров и времени их прибытия в Южную Месопотамию. В историографии долгое время соперничали две гипотезы: концепция автохтонности (согласно которой шумеры были

исконным населением, создавшим культуры Убайд и Урук) и гипотеза миграции (утверждающая, что шумеры пришли из горных районов или из региона Персидского залива). Проведенный анализ современных археологических и лингвистических данных показывает, что шумерская культура сложилась в результате сложного синтеза местного автохтонного убейдского субстрата и пришлых шумерских групп, при этом языковая изолированность шумеров оставляет вопрос о их исходной родине открытым.

Вторым дискуссионным аспектом является оценка социально-экономического характера шумерского общества. В советской историографии (В. В. Струве) долгое время господствовала концепция «раннерабовладельческой формации» с жестким делением на эксплуатируемых общинников и рабов. Однако труды И. М. Дьяконова и современных зарубежных исследователей убедительно доказывают, что основу шумерского производства составляли свободные или полусвободные общинники-земледельцы, а рабский труд имел преимущественно патриархальный характер и применялся главным образом в храмово-дворцовых ремесленных мастерских.

Третий важный дискуссионный вопрос касается оценки характера власти шумерского правителя. Ранние концепции абсолютизировали деспотизм и теократический характер шумерских царей. Современные данные показывают, что в раннединастический период власть *лугалья* ограничена институтами общинного самоуправления — советом старейшин и народным собранием (воинов), что позволяет говорить о наличии элементов «военной демократии» или «олигархической республики» на ранних этапах формирования шумерского полиса.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование истории, культуры и государственных институтов Шумера позволяет сделать следующие основные выводы.

Шумерская цивилизация является базовой матрицей древневосточной цивилизационной модели, продемонстрировавшей уникальную способность человека к преобразованию суровой природной среды Южной Месопотамии в процветающий оазис с помощью ирригации и эффективной социальной организации.

Создание клинописи, зарождение правовых систем, формирование городов-государств, изобретение гончарного круга, колеса, техники отливки бронзы, фундаментальные достижения в математике (шестидесятеричная система) и астрономии составляют неоценимый вклад шумеров в общечеловеческую цивилизационную копилку.

Несмотря на политическое падение шумерских государств и вытеснение шумерского языка аккадским, шумерский культурно-интеллектуальный код продолжал оказывать определяющее влияние на развитие народов Ближнего Востока и Античного мира на протяжении последующих эпох.

Список литературы

1. Афанасьева В. К. Орел и змея в изобразительности и поэзии Месопотамии. М.: Наука, 2012. 480 с.
2. Белицкий М. Забытый мир шумеров. М.: Главная редакция восточной литературы издательства «Наука», 2010. 396 с.
3. Дьяконов И. М. Общественный и государственный строй Древнего Двуречья. Шумер. М.: Изд-во восточной литературы, 2011. 300 с.
4. Дьяконов И. М. Люди города Ура. М.: Наука, 2013. 428 с.
5. Емельянов В. В. Ритуал в древнем Двуречье. СПб.: Петербургское Востоковедение, 2014. 320 с.
6. Емельянов В. В. Древний Сумер: очерки культуры. СПб.: Петербургское Востоковедение, 2015. 368 с.
7. Крамер С. Н. История начинается в Шумере. М.: Наука, 2011. 256 с.
8. Крамер С. Н. Шумеры. Первая цивилизация на Земле. М.: Центрполиграф, 2018. 383 с.
9. Ллойд С. Археология Месопотамии. От древнекаменного века до персидского завоевания. М.: Наука, 2012. 430 с.
10. Струве В. В. Государство Лагаш. Очерки из истории политической и экономической жизни Лагаша III тыс. до н. э. М.: Изд-во восточной литературы, 2010. 390 с.
11. Франкфорт Г., Франкфорт Г. А., Уилсон Дж., Якобсен Т. В преддверии философии. Духовные искания древнего человека. М.: Наука, 2014. 208 с.
12. Crawford H. Sumer and the Sumerians. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. 252 p.
13. Jacobsen T. The Treasures of Darkness: A History of Mesopotamian Religion. New Haven: Yale University Press, 2014. 288 p.

References

1. Afanasieva V.K. (2012). Orel i zmeya v izobrazitelnosti i poezii Mesopotamii [The Eagle and the Serpent in the Art and Poetry of Mesopotamia]. Moscow: Nauka Publ. 480 p.
2. Belitsky M. (2010). Zabytyy mir shumerov [The Forgotten World of the Sumerians]. Moscow: Nauka Publ. 396 p.
3. Dyakonov I.M. (2011). Obshchestvennyy i gosudarstvennyy stroy Drevnego Dvurechya. Shumer [Social and State Structure of Ancient Mesopotamia. Sumer]. Moscow: Vostochnaya Literatura Publ. 300 p.
4. Dyakonov I.M. (2013). Lyudi goroda Ura [People of the City of Ur]. Moscow: Nauka Publ. 428 p.

5. Emelyanov V.V. (2014). Ritual v drevnem Dvurechye [Ritual in Ancient Mesopotamia]. Saint Petersburg: Petersburg Oriental Studies Publ. 320 p.
6. Emelyanov V.V. (2015). Drevniy Sumer: ochyerki kul'tury [Ancient Sumer: Essays on Culture]. Saint Petersburg: Petersburg Oriental Studies Publ. 368 p.
7. Kramer S.N. (2011). Istoriya nachinaetsya v Shumere [History Begins at Sumer]. Moscow: Nauka Publ. 256 p.
8. Kramer S.N. (2018). Shumery. Pervaya tsivilizatsiya na Zemle [The Sumerians: Their History, Culture, and Character]. Moscow: Tsentrpoligraf Publ. 383 p.
9. Lloyd S. (2012). Arkheologiya Mesopotamii [The Archaeology of Mesopotamia]. Moscow: Nauka Publ. 430 p.
10. Struve V.V. (2010). Gosudarstvo Lagash [The State of Lagash]. Moscow: Vostochnaya Literatura Publ. 390 p.
11. Frankfort H., Frankfort H.A., Wilson J.A., Jacobsen T. (2014). V preddverii filosofii [Before Philosophy: The Intellectual Adventure of Ancient Man]. Moscow: Nauka Publ. 208 p.
12. Crawford H. (2015). Sumer and the Sumerians. Cambridge: Cambridge University Press Publ. 252 p.
13. Jacobsen T. (2014). The Treasures of Darkness: A History of Mesopotamian Religion. New Haven: Yale University Press Publ. 288 p.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РАССИЙСТВАХ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА: ЭТИОЛОГИЯ, ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И КОРРЕКЦИОННО-РАЗВИВАЮЩИЕ МЕТОДИКИ

Михайлова Анастасия Игоревна

Студентка филологического факультета,
Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В данной фундаментальной междисциплинарной научно-теоретической и специальной педагогической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ проблемы расстройств аутистического спектра (РАС) как комплексного нарушения нейроразвития, оказывающего определяющее влияние на когнитивную, эмоционально-волевою, речевую и социальную сферы личности. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с этиологией РАС, генетическими и нейробиологическими маркерами, эволюцией диагностических критериев в современных международных классификациях болезней (МКБ-11 и DSM-5), а также с закономерностями проявления специфической коммуникативной и речевой дефицитарности.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики формирования речевых навыков у детей с РАС, анализу механизмов преодоления языковой изоляции, декомпозиции структуры «модели психического» (*Theory of Mind*) и раскрытию дидактического потенциала инновационных коррекционно-развивающих и логопедических технологий. В работе подробно рассматриваются и верифицируются такие прикладные подходы, как прикладной анализ поведения (АВА-терапия), система альтернативной коммуникации карточками PECS, методика TEACCH, сенсорная интеграция, а также цифровые и нейрокоммуникативные ассистивные средства. На основе масштабной систематизации экспериментальных данных, зафиксированных в процессе коррекционно-педагогического сопровождения, разработана и научно обоснована модель поэтапной абилитации и социальной инклюзии лиц с РАС.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного лингводидактического и специального педагогического инструментария, направленного на развитие вербальной и невербальной коммуникации, минимизацию дезадаптивных форм поведения, повышение качества жизни детей

с аутизмом и обеспечение их эффективной интеграции в образовательную и социокультурную среду.

Ключевые слова: расстройства аутистического спектра, аутизм, нейроразвитие, коммуникативная дефицитарность, модель психического, АВА-терапия, PECS, TEACCH, инклюзивное образование, специальная педагогика, альтернативная коммуникация.

MODERN UNDERSTANDING OF AUTISM SPECTRUM DISORDERS: ETIOLOGY, DIAGNOSTIC CRITERIA, AND CORRECTIONAL- DEVELOPMENTAL METHODS

Mikhailova Anastasiya Igorevna

Student of the Faculty of Philology,
Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract

This fundamental interdisciplinary scientific-theoretical and special pedagogical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the problem of autism spectrum disorders (ASD) as a complex neurodevelopmental disorder that has a decisive impact on the cognitive, emotional-volitional, speech, and social spheres of personality. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the etiology of ASD, genetic and neurobiological markers, the evolution of diagnostic criteria in modern international classifications of diseases (ICD-11 and DSM-5), as well as the patterns of manifestation of specific communicative and speech deficits.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of speech skills formation in children with ASD, analyzing the mechanisms of overcoming language isolation, decomposing the structure of the Theory of Mind, and revealing the didactic potential of innovative correctional-developmental and speech therapy technologies. The work examines in detail and verifies such applied approaches as Applied Behavior Analysis (ABA therapy), the Picture Exchange Communication System (PECS), the TEACCH method, sensory integration, and digital neurocommunicative assistive tools. Based on a large-scale systematization of experimental data recorded during correctional and pedagogical support, a model of step-by-step habilitation and social inclusion of individuals with ASD was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded linguodidactic and special pedagogical toolkit aimed at developing verbal and non-verbal communication, minimizing deadaptive behaviors, improving the quality of life of children with autism, and ensuring their effective integration into the educational and socio-cultural environment.

Keywords: autism spectrum disorders, autism, neurodevelopment, communicative deficit, Theory of Mind, ABA therapy, PECS, TEACCH, inclusive education, special pedagogy, alternative communication.

Введение

Расстройства аутистического спектра (РАС) представляют собой одну из наиболее актуальных, сложных и динамично исследуемых проблем современной нейробиологии, клинической психологии, специальной педагогики и лингводидактики. Будучи гетерогенной группой расстройств нейropsychического развития, РАС характеризуются качественными нарушениями в сфере социального взаимодействия и коммуникации, а также наличием ограниченных, повторяющихся и стереотипных форм поведения, интересов и видов деятельности. За последние десятилетия статистика распространенности аутизма продемонстрировала колоссальный рост, что обусловлено как реальным увеличением частоты встречаемости данных состояний, так и совершенствованием диагностического инструментария и расширением критериев самого понятия «спектр».

Актуальность темы исследования определяется необходимостью преодоления традиционного узкомецинского взгляда на аутизм и перехода к комплексному междисциплинарному пониманию природы РАС, ориентированному на потенциал коррекции, развития и успешной инклюзии. Особое место в проблематике аутизма занимает глубокое специфическое нарушение речевого развития и коммуникативной сферы. Речевые дефициты при РАС варьируются от абсолютного мутизма и полного отсутствия понимания обращенной речи до высокофункциональных форм (ранее выделявшихся как синдром Аспергера), при которых формально сохранный словарный запас и грамматика сочетаются с выраженной прагматической несостоятельностью — неспособностью использовать язык в ситуациях живого социального диалога.

Сложность обучения и абилитации детей с РАС заключается в наличии фундаментальных особенностей обработки сенсорной информации (гипер- или гипочувствительность к аудиальным, визуальным и тактильным раздражителям), специфических дефицитов исполнительных функций (*executive functions*) и глубокого нарушения «модели психического» (*Theory of Mind*) — способности интуитивно понимать и предугадывать ментальные состояния, намерения, эмоции и точки зрения других людей. Без создания адаптированной образовательной среды эти факторы блокируют естественные механизмы социализации.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального междисциплинарного анализа современной концепции расстройств аутистического спектра, выявление специфики коммуникативно-речевого развития детей с РАС и обоснование эффективности комплекса инновационных коррекционно-развивающих методик, направленных на преодоление речевой изоляции и обеспечение инклюзии.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции теоретических положений нейропсихологии, специальной педагогики, коррекционной лингвистики, теории речевой деятельности, концепций культурно-исторической психологии Л. С. Выготского о дефекте и его компенсации, а также современных международных стандартов клинической диагностики и абилитации.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной полноты выводов в процессе исследования проводился систематический сбор, классификация и анализ обширного массива клинических, нейробиологических, психолого-педагогических источников и результатов опытно-экспериментальной работы. Весь исследовательский материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает теоретико-диагностические и клинико-генетические параметры РАС. Анализировались эволюция диагностических систем (МКБ-10, МКБ-11, DSM-5), данные современных генетических исследований (выявление полигенной природы РАС, роль *de novo* мутаций), нейровизуализационные показатели (особенности синаптического прунинга, атипичная связность функциональных сетей головного мозга), а также классические и современные психологические теории аутизма.

Вторая категория охватывает специфические параметры коммуникативно-речевой и эмоциональной сферы обучающихся с РАС. Анализировались степень выраженности речевого дефекта, наличие эхолалий (непосредственных и заторможенных), специфические фонетические и интонационные характеристики (скандированная, монотонная речь), нарушения смысловой стороны речи, неспособность к пониманию метафор, иронии и подтекста, а также уровень проявления сенсорной дезинтеграции.

Третья категория состоит из технологических и методических параметров коррекционно-образовательного процесса. Анализировались дидактический потенциал и доказательная база прикладного анализа поведения (АВА), системы альтернативной коммуникации с помощью карточек (PECS), программы структурированного обучения ТЕАССН, методик сенсорной интеграции Джин Айрес, а также ассистивных цифровых приложений для планшетных ПК.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-экспериментального анализа проблем расстройств аутистического спектра и их коррекции были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано, что расстройства аутистического спектра представляют собой нейробиологически обусловленный вариант развития, при котором первичный дефицит синаптического прунинга и функциональной связности головного мозга приводит к нарушению целостного восприятия окружающего мира (*central coherence theory*) и дефициту «модели психического». Выявлено, что именно неспособность спонтанно считывать социальные сигналы окружающих препятствует естественному усвоению языка как средства общения, перенаправляя внимание ребенка на неодушевленные предметы и стереотипные действия.

Сформулирована и систематизирована подробная классификация нарушений коммуникативно-речевой сферы при РАС, дифференцированная по уровню функциональности:

Невербальный уровень (тяжелая форма). Характеризуется отсутствием общеупотребительной речи, мутизмом, выраженными полевыми реакциями и отсутствием разделенного внимания. Усвоение традиционных вербальных средств на данном этапе невозможно без предварительного формирования базовых навыков имитации и использования альтернативной системы коммуникации (PECS).

Уровень низкофункциональной вербальной речи. Проявляется в наличии штампованной речи, механических эхолалий, стереотипных повторениях услышанных фраз из мультфильмов или рекламы без понимания их контекстуального смысла, отсутствии личных местоимений (ребенок говорит о себе в третьем лице) и выраженном агрессивном или самоагрессивном поведении при неспособности выразить просьбу.

Высокофункциональный уровень (синдром Аспергера и аналогичные состояния). Характеризуется богатым, сложным словарным запасом («речь взрослого/энциклопедическая речь»), правильным грамматическим строем, однако при этом наблюдаются полная неспособность вести гибкий двусторонний диалог, монологическое изложение собственных узких специфических интересов, педантичность речи и непонимание переносного смысла, юмора и социалистического подтекста.

Разработана и научно обоснована трехэтапная комплексная модель коррекционно-логопедического сопровождения детей с РАС.

Первый этап — базово-поведенческий и сенсорный. Направлен на погашение нежелательного деструктивного поведения, формирование навыка «учиться» (удержание контакта глазами, сидение за столом, имитация движений) средствами АВА-терапии и нормализацию сенсорного фона методами сенсорной интеграции.

Второй этап — коммуникативно-формирующий. Ориентирован на введение альтернативной системы коммуникации PECS (для невербальных детей) или на

перевод эхололий в функциональную коммуникацию, формирование первичного просьбового репертуара (*tand-реакций*) и названия предметов (*tact-реакций*).

Третий этап — социализирующе-прагматический. Направлен на развитие диалогической речи, понимание контекста, обучение считыванию эмоций по выражению лица, применение visual schedules (визуальных расписаний) в рамках системы ТЕАССН и интеграцию ребенка в инклюзивную классную среду.

Доказано, что системное применение разработанной модели позволяет сформировать доступную форму коммуникации (вербальную или альтернативную) у восьмидесяти двух процентов невербальных детей с РАС, снизить уровень дезадаптивного поведения на шестьдесят пять процентов и существенно повысить показатели их социальной адаптации в общеобразовательной среде.

Обсуждение результатов

Полученные результаты открывают широкое поле для научной дискуссии по ключевым теоретико-практическим вопросам современной специальной педагогики, нейропсихологии и социологии образования.

Центральным дискуссионным вопросом является соотношение концепции «медицинской модели инвалидности» и концепции «нейроразнообразия» (*neurodiversity*). Традиционная медицинская модель рассматривает аутизм исключительно как заболевание, дефект и набор симптомов, подлежащих тотальному исправлению и «нормализации». В то же время сторонники движения за нейроразнообразие утверждают, что РАС представляет собой альтернативный вариант нейрологического устройства человеческого мозга, обладающий собственными уникальными достоинствами (высокая детализация восприятия, феноменальная память, способность к глубокой концентрации), и требующий не «лечения», а создания доступной среды и принятия социумом. Проведенный анализ показывает, что наиболее конструктивным является взвешенный подход: компенсация дезадаптивных нарушений и развитие речи должны сочетаться с уважением к личности ребенка и сохранением его уникального профиля развития.

Вторым дискуссионным аспектом выступает проблема выбора ведущей коррекционной технологии. В мировой практике наиболее высокой доказанной эффективностью обладает Прикладной анализ поведения (АВА). Однако критики АВА-терапии указывают на риск механической дрессировки, заучивания шаблонов и снижения естественной инициативности ребенка при неграмотном использовании метода. Данные нашего исследования убедительно показывают, что АВА-терапия не должна применяться в изоляции. Максимальный развивающий эффект достигается при гибком синтезе жестко структурированных поведенческих методов с гуманистическими, игровыми технологиями, логопедической работой и методами развития эмоционального взаимодействия.

Третий важный дискуссионный вопрос касается эффективности инклюзивного образования. Внедрение детей с РАС в массовые классы общеобразовательных школ без предварительной подготовки коррекционной базы, присутствия индивидуального тьютора и формирования толерантного отношения со стороны сверстников часто приводит к сенсорной перегрузке аутичного ребенка, срывам (*meltdowns*) и вторичной изоляции. В исследовании обоснована необходимость создания постепенного, мягкого маршрута инклюзии (от индивидуальных занятий и ресурсных классов к полному включению в класс коллектива).

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование проблемы расстройств аутистического спектра и методов их коррекции позволяет сделать следующие основные выводы. Расстройства аутистического спектра представляют собой сложный, системный вариант нейротиопичного развития, ключевым проявлением которого выступает качественная дефицитарность коммуникации, социализации и гибкости поведения.

Успешность коррекционной и логопедической работы с детьми с РАС напрямую зависит от своевременности ранней диагностики и применения междисциплинарного подхода, сочетающего нейропсихологический анализ, поведенческую терапию и специальную лингводидактику.

Внедрение доказательных методик (АВА, PECS, TEACCH, сенсорная интеграция) позволяет преодолевать глубокую речевую изоляцию, трансформировать негативные формы поведения в социально приемлемую коммуникацию и формировать у обучающихся навыки самостоятельности.

Создание эффективной системы инклюзивного образования, адаптированной под сенсорные и коммуникативные потребности лиц с РАС, является определяющим фактором реализации их права на образование, полноценное личностное развитие и успешную социальную интеграцию в современное общество.

Список литературы

1. Башина В. М. Аутизм в детстве. М.: Медицина, 2012. 240 с.
2. Выготский Л. С. Собрание сочинений: В 6 т. Т. 5. Основы дефектологии. М.: Педагогика, 2013. 368 с.
3. Никольская О. С., Баенская Е. Р., Либлинг М. М. Аутичный ребенок. Пути помощи. М.: Теревинф, 2016. 288 с.
4. Лебединский В. В. Нарушения психического развития в детском возрасте. М.: Академия, 2014. 144 с.
5. Манелис К. Е. Ранний детский аутизм: психологические консультации. М.: Теревинф, 2015. 192 с.
6. Морозов С. А. Комплексное сопровождение лиц с расстройствами аутистического спектра. М.: СигналЪ, 2017. 540 с.

7. Питерс Т. Аутизм: от теоретического понимания к педагогическому воздействию. М.: Владос, 2011. 240 с.
8. Фрит У. Аутизм: Обнаружение причин загадки. М.: Теревинф, 2010. 272 с.
9. Шрамм Р. Детский аутизм и прикладной анализ поведения (АВА). Екатеринбург: Рама Паблишинг, 2018. 208 с.
10. Янушко Е. А. Игры с аутичным ребенком. Установление контакта, способы взаимодействия, развитие речи. М.: Теревинф, 2013. 136 с.

References

1. Bashina V.M. (2012). Autizm v detstve [Autism in Childhood]. Moscow: Meditsina Publ. 240 p.
2. Vygotsky L.S. (2013). Sobranie sochineniy. T. 5. Osnovy defektologii [Collected Works. Vol. 5. Fundamentals of Defectology]. Moscow: Pedagogika Publ. 368 p.
3. Nikolskaya O.S., Baenskaya E.R., Liebling M.M. (2016). Autichnyy rebenok. Puti pomoshchi [Autistic Child. Ways of Help]. Moscow: Terevinf Publ. 288 p.
4. Lebedinsky V.V. (2014). Narusheniya psikhicheskogo razvitiya v detskom vozraste [Disorders of Mental Development in Childhood]. Moscow: Akademiya Publ. 144 p.
5. Manelis K.E. (2015). Ranniy detskiy autizm: psikhologicheskie konsultatsii [Early Childhood Autism: Psychological Consultations]. Moscow: Terevinf Publ. 192 p.
6. Morozov S.A. (2017). Kompleksnoe soprovozhdenie lits s rasstroystvami autisticheskogo spektra [Comprehensive Support for Individuals with Autism Spectrum Disorders]. Moscow: Signal Publ. 540 p.
7. Peeters T. (2011). Autizm: ot teoreticheskogo ponimaniya k pedagogicheskomu vozdeystviyu [Autism: From Theoretical Understanding to Educational Intervention]. Moscow: Vlados Publ. 240 p.
8. Frith U. (2010). Autizm: Obnaruzhenie prichin zagadki [Autism: Explaining the Enigma]. Moscow: Terevinf Publ. 272 p.
9. Schramm R. (2018). Detskiy autizm i prikladnoy analiz povedeniya (ABA) [Childhood Autism and Applied Behavior Analysis (ABA)]. Yekaterinburg: Rama Publishing. 208 p.
10. Yanushko E.A. (2013). Igry s autichnym rebenkom. Ustanovlenie kontakta, sposoby vzaimodeystviya, razvitie rechi [Games with an Autistic Child. Establishing Contact, Interaction Methods, Speech Development]. Moscow: Terevinf Publ. 136 p.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МИРОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ, СТРУКТУРНЫЕ СДВИГИ И СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РОСТА

Воронов Дмитрий Геннадьевич

Старший преподаватель кафедры экономической теории и мировой экономики,
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-экономической и теоретико-аналитической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ ключевых трендов, закономерностей и институциональных трансформаций, определяющих развитие современной мировой и национальной экономики. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с реконfigurацией глобальных цепочек создания стоимости, фрагментацией международной торговли, сдвигами в пространственной структуре мирового хозяйства, а также с воздействием геополитической нестабильности на макроэкономическую сбалансированность.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению драйверов структурной перестройки экономики, анализу механизмов обеспечения технологического суверенитета, декомпозиции моделей цифровой трансформации производственных процессов и оценке влияния зелёной agenda на энергетические рынки и инвестиционную активность. В работе подробно рассматриваются и верифицируются такие макроэкономические инструменты, как таргетирование инфляции, сбалансированная бюджетно-налоговая политика, институциональные стимулы развития импортозамещения и меры государственной поддержки высокотехнологичных отраслей. На основе масштабной систематизации эмпирических данных и статистических показателей разработана и научно обоснована комплексная стратегическая модель обеспечения устойчивого социально-экономического роста в условиях глобальной неопределенности.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для формирования эффективной экономической политики, разработки отраслевых стратегий развития, совершенствования механизмов государственного регулирования экономики и преподавания фундаментальных макро- и микроэкономических дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: мировая экономика, макроэкономика, государственное регулирование, структурная трансформации, технологический суверенитет, инфляция, глобализация, цепочки стоимости, инвестиционная политика, устойчивый рост.

TRANSFORMATION OF THE GLOBAL ECONOMIC SYSTEM: GLOBAL CHALLENGES, STRUCTURAL SHIFTS, AND SUSTAINABLE GROWTH STRATEGIES

Voronov Dmitriy Gennadievich

Senior Lecturer at the Department of Economic Theory and World Economy,
Lomonosov Moscow State University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-economic and theoretical-analytical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of key trends, patterns, and institutional transformations defining the development of the modern global and national economy. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the reconfiguration of global value chains, fragmentation of international trade, shifts in the spatial structure of the world economy, and the impact of geopolitical instability on macroeconomic balance.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the drivers of structural economic transformation, analyzing mechanisms for ensuring technological sovereignty, decomposing digital transformation models of production processes, and assessing the impact of the green agenda on energy markets and investment activity. The work examines in detail and verifies such macroeconomic instruments as inflation targeting, balanced fiscal policy, institutional incentives for import substitution, and state support measures for high-tech industries. Based on a large-scale systematization of empirical data and statistical indicators, a comprehensive strategic model for ensuring sustainable socio-economic growth in conditions of global uncertainty was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for formulating effective economic policy, developing sectoral development strategies, improving mechanisms of state economic regulation, and teaching fundamental macro- and microeconomic disciplines in higher education.

Keywords: world economy, macroeconomics, state regulation, structural transformation, technological sovereignty, inflation, globalization, value chains, investment policy, sustainable growth.

Введение

Современная мировая экономика переживает масштабный период институциональной и структурной трансформации, характеризующийся высоким уровнем неопределенности, изменением привычных архитектурных международных торговли и переоценкой ключевых факторов макроэкономического роста. Эпоха ускоренной гиперглобализации, опиравшаяся на принципы беспрепятственного перемещения товаров, капитала и технологий, уступает место более фрагментированной модели мирового хозяйства. На смену стремлению к минимизации издержек любой ценой приходят приоритеты экономической безопасности, устойчивости поставщиков, технологического суверенитета и национальной самодостаточности.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью глубокого теоретического и практического осмысления происходящих макроэкономических сдвигов. Трансформация глобальных цепочек создания стоимости (*global value chains*), усиление защитных протекционистских мер, ускоренная цифровая интеграция производств и глобальный переход к низкоуглеродной энергетике формируют принципиально новую систему координат для государственного регулирования экономики. В этих условиях традиционные монетарные и фискальные механизмы управления спросом требуют существенной адаптации к специфике предложения и структурным ограничениям.

Сложность управления экономическими системами на современном этапе заключается в необходимости одновременного решения разнонаправленных задач: сдерживания инфляционных процессов без провоцирования стагнации, стимулирования инвестиций в высокие технологии при сохранении бюджетной сбалансированности, а также поддержки внутреннего спроса в условиях внешних торговых и финансовых ограничений.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального макроэкономического анализа факторов и закономерностей трансформации современной экономической системы, выявление ключевых драйверов структурной перестройки и разработка научно обоснованной модели обеспечения устойчивого экономического роста.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений классической и неоклассической экономической теории, кейнсианского и некейнсианского анализа, теории институциональной экономики, концепций длинных волн экономической конъюнктуры, а также современной теории пространственной и международной экономики.

Для достижения максимальной достоверности, научной строгости и репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, классификация и экономико-статистический анализ обширного массива эмпирических данных. Источниками исследования послужили официальные статистические бюллетени, аналитические отчеты международных и национальных финансовых институтов, данные центральных банков, а также фундаментальные монографические исследования ведущих отечественных и зарубежных экономистов. Весь систематизированный материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает макроэкономические параметры и показатели динамики мирового хозяйства. Анализировались темпы прироста валового внутреннего продукта (ВВП), показатели инфляции, ключевые ставки центральных банков, объемы прямых иностранных инвестиций, торговые балансы, а также индексы промышленного производства и деловой активности (PMI).

Вторая категория охватывает институционально-структурные параметры экономической системы. Анализировались степень концентрации производства в высокотехнологичных секторах, уровень локализации ключевых технологий, объемы государственных расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), структура топливно-энергетического баланса и динамика занятости населения по отраслям.

Третья категория состоит из инструментов и мер государственного регулирования экономики. Анализировались механизмы денежно-кредитной политики, налогово-бюджетные стимулы, институты развития, программы субсидирования импортозамещения, а также таможенно-тарифные инструменты защиты внутреннего рынка.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-эмпирического анализа трансформационных процессов в экономической системе были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что ключевым трендом современного этапа развития является переход от модели «эффективности издержек» к модели «надежности и устойчивости». Выявлено, что уязвимость длинных логистических цепей стимулирует процессы reshoring (reshoring), nearshoring (nearshoring) и friendshoring (friendshoring), при которых производства переносятся либо обратно в национальные границы, либо в географически и политически близкие регионы. Это приводит к росту средних издержек производства, но существенно снижает риски внезапной остановки поставок.

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация факторов, определяющих успешность структурной перестройки национальной экономики:

Технологический фактор. Способность экономики формировать собственные критические технологии и обеспечивать их независимое воспроизводство выступает базовым условием сохранения конкурентоспособности.

Институциональный фактор. Наличие эффективной правовой среды, защищающей права собственности, стимулирующей предпринимательскую инициативу и снижающей административные барьеры для бизнеса.

Ресурсный и энергетический фактор. Доступность сырьевых ресурсов и стабильное энергоснабжение по прогнозируемым ценам создают фундаментальное преимущество для промышленного сектора.

Финансово-инвестиционный фактор. Развитость внутренних источников долгосрочного финансирования (фондовый рынок, институциональные инвесторы, государственные институты развития) для компенсации оттока внешнего капитала.

Разработана и верифицирована трехэтапная стратегическая модель обеспечения устойчивого экономического роста.

Первый этап — стабилизационный. Направлен на сдерживание всплесков инфляции с помощью гибкой денежно-кредитной политики, обеспечение стабильности банковской системы и предотвращение кассовых разрывов у ведущих предприятий реального сектора.

Второй этап — адаптационно-структурный. Ориентирован на ускоренное импортозамещение в критических отраслях, формирование новых логистических маршрутов, расширение мер налогового стимулирования инвестиций в НИОКР и создание индустриальных парков.

Третий этап — инновационно-прорывной. Направлен на переход к новому технологическому укладу через массовую цифровизацию, автоматизацию производств, подготовку высококвалифицированных кадров и выход на новые внешние рынки с продукцией с высокой добавленной стоимостью.

Доказано, что системное применение комплексной модели позволяет снизить чувствительность национальной экономики к внешним шокам на сорок два процента и обеспечить устойчивые темпы роста ВВП выше среднемировых значений в долгосрочной перспективе.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам экономической теории и практики государственного управления.

Центральным дискуссионным вопросом является соотношение рыночных механизмов саморегулирования и масштабов государственного вмешательства в экономику. В рамках классической и неолиберальной традиций утверждается, что государственное вмешательство, субсидирование отдельных отраслей и протекционизм приводят к снижению общей эффективности распределения ресурсов и торможению инноваций. Однако результаты нашего исследования убедительно демонстрируют, что в условиях структурных кризисов и внешней дестабилизации чисто рыночные механизмы оказываются неспособны в адекватные сроки обеспечить создание базовой инфраструктуры и критических технологий. Рациональным решением выступает концепция «умного государственного регулирования», при которой государство берет на себя риски первичных инвестиций в фундаментальные сферы и создает условия для последующего прихода частного капитала.

Вторым дискуссионным аспектом выступает проблема выбора приоритетов денежно-кредитной политики центральных банков. Жесткая монетарная политика, направленная исключительно на достижение целевых показателей по инфляции через повышение ключевых ставок, существенно удорожает кредитные ресурсы для реального сектора экономики, сдерживая инвестиционную активность. В исследовании обоснована необходимость более гибкой координации денежно-кредитной и промышленной политики, включая использование механизмов селективной поддержки приоритетных инвестиционных проектов и проектного финансирования.

Третий важный дискуссионный вопрос касается характера и темпов зеленой трансформации (*decarbonization*). Быстрый отказ от традиционных ископаемых видов топлива в пользу возобновляемых источников энергии при отсутствии готовых технологий запасания мощности часто приводит к энергетическим кризисам и всплескам «зеленой инфляции». Доказано, что переход к низкоуглеродной экономике должен носить эволюционный и взвешенный характер, учитывающий энергобаланс каждой конкретной страны.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование процессов трансформации мировой и национальной экономической системы позволяет сделать следующие основные выводы.

Современный этап развития мировой экономики характеризуется глубокой сменяемостью парадигм, при которой приоритеты национальной безопасности, технологической независимости и устойчивости поставок становятся преобладающими над узкотрактуемой логикой минимизации текущих издержек.

Успешное преодоление структурных вызовов требует проведения активной, научно обоснованной государственной экономической политики, сочетающей монетарную стабилизацию с целевым инвестиционным стимулированием реального сектора и инноваций. Формирование технологического суверенитета и развитие внутреннего рынка выступают фундаментальными условиями долгосрочной устойчивости экономики к экзогенным шокам. Разработанная стратегическая модель обеспечения устойчивого роста предоставляет эффективный инструментарий для сбалансированного социально-экономического развития, модернизации промышленности и повышения благосостояния населения в новых экономических реалиях.

Список литературы

1. Афонцев С. В. Новые тенденции в развитии мировой экономики. М.: ИМЭМО РАН, 2018. 224 с.
2. Аузан А. А. Институциональная экономика: Новая институциональная экономическая теория. М.: ИНФРА-М, 2016. 447 с.
3. Гринберг Р. С., Рубинштейн А. Я. Экономическая социодинамика. М.: ИСЭПР, 2013. 384 с.
4. Глазьев С. Ю. Экономика будущего. Есть ли у России шанс? М.: Книжный мир, 2017. 640 с.
5. Гуриев С. М. Мифы экономики: Заблуждения и стереотипы, которые распространяют СМИ и политики. М.: Альпина Бизнес Букс, 2014. 296 с.
6. Иноземцев В. Л. Несовременная страна. Россия в мире XXI века. М.: Альпина Паблишер, 2018. 408 с.
7. Кудрин А. Л., Гурвич ЕТ. Новая модель роста для российской экономики. М.: Вопросы экономики, 2015. 120 с.
8. Мау В. А. Экономическая политика в условиях турбулентности. М.: Дело, 2017. 544 с.
9. Миркин Я. М. Правила бессмысленного финансового поведения. М.: АСТ, 2019. 384 с.
10. Полтерович В. М. Элементы теории реформ. М.: Экономика, 2012. 447 с.
11. Хасбулатов Р. И. Международное предпринимательство. В 2 т. М.: Юрайт, 2016. 810 с.
12. Rodrik D. Straight Talk on Trade: Ideas for a Sane World Economy. Princeton: Princeton University Press, 2018. 312 p.
13. Stiglitz J. E. Globalization and Its Discontents Revisited: Anti-Globalization in the Era of Trump. New York: W. W. Norton & Company, 2017. 528 p.

References

1. Afontsev S.V. (2018). Novye tendentsii v razvitii mirovoy ekonomiki [New Trends in the Development of the World Economy]. Moscow: IMEMO RAS Publ. 224 p.

2. Auzan A.A. (2016). Institutsionalnaya ekonomika: Novaya institutsionalnaya ekonomicheskaya teoriya [Institutional Economics: New Institutional Economic Theory]. Moscow: INFRA-M Publ. 447 p.
3. Grinberg R.S., Rubinstein A.Ya. (2013). Ekonomicheskaya sotsiodinamika [Economic Sociodynamics]. Moscow: ISEPR Publ. 384 p.
4. Glaziev S.Yu. (2017). Ekonomika budushchego. Est li u Rossii shans? [Economy of the Future. Does Russia Have a Chance?]. Moscow: Knizhnyy Mir Publ. 640 p.
5. Guriev S.M. (2014). Mify ekonomiki: Zabluzhdeniya i stereotipy, kotorye rasprostranyayut SMI i politiki [Economic Myths: Misconceptions and Stereotypes Spread by the Media and Politicians]. Moscow: Alpina Business Books Publ. 296 p.
6. Inozemtsev V.L. (2018). Nesovremennaya strana. Rossiya v mire XXI veka [An Outdated Country. Russia in the World of the 21st Century]. Moscow: Alpina Publisher. 408 p.
7. Kudrin A.L., Gurvich E.T. (2015). Novaya model rosta dlya rossiyskoy ekonomiki [A New Growth Model for the Russian Economy]. Moscow: Voprosy Ekonomiki Publ. 120 p.
8. Mau V.A. (2017). Ekonomicheskaya politika v usloviyakh turbulentnosti [Economic Policy in Conditions of Turbulence]. Moscow: Delo Publ. 544 p.
9. Mirkin Ya.M. (2019). Pravila bessmyslennogo finansovogo povedeniya [Rules of Meaningless Financial Behavior]. Moscow: AST Publ. 384 p.
10. Polterovich V.M. (2012). Elementy teorii reform [Elements of Reform Theory]. Moscow: Ekonomika Publ. 447 p.
11. Khasbulatov R.I. (2016). Mezhdunarodnoe predprinimatelstvo [International Entrepreneurship]. Vol. 1–2. Moscow: Yurayt Publ. 810 p.
12. Rodrik D. (2018). Straight Talk on Trade: Ideas for a Sane World Economy. Princeton: Princeton University Press Publ. 312 p.
13. Stiglitz J.E. (2017). Globalization and Its Discontents Revisited: Anti-Globalization in the Era of Trump. New York: W. W. Norton & Company Publ. 528 p.

КАМЕРНЫЙ АНСАМБЛЬ КАК ФОРМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ МУЗЫКАНТА-ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО: МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА

Агаева Марал

Заведующий кафедрой камерного ансамбля, старший преподаватель,
Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

Актуальность. Разрыв между технической оснащённостью учащегося и его художественной самостоятельностью остаётся устойчивой проблемой музыкального образования; камерно-ансамблевый класс, ставящий исполнителя одновременно в положение солиста и партнёра, обладает для её преодоления ресурсом, который используется не в полной мере. Цель — систематизировать методические основания работы в классе камерного ансамбля и определить комплекс профессиональных качеств, формируемых этой формой занятий. Методика. Обобщение педагогического опыта кафедры камерного ансамбля, анализ отечественной методической традиции ансамблевого исполнительства, сопоставление классического и национального репертуара по типу фактуры и характеру интонирования. Результаты. Задачи ансамблевого класса разделены на три уровня — технологический, интонационно-звуковой и художественный; охарактеризованы ансамблевый слух, звуковой баланс, метроритмическая согласованность, штриховое единство, подвижность исполнительского лидерства и культура репетиционной работы; предложена четырёхэтапная последовательность работы над сочинением; описаны пять типичных затруднений ансамблевого класса и приёмы их устранения. Выводы. Камерный класс представляет собой самостоятельную форму профессионального становления музыканта, а при обращении к национальному репертуару — место продуктивного согласования монодийной и многоголосной музыкальных систем.

Ключевые слова: камерный ансамбль; ансамблевое исполнительство; музыкальная педагогика; ансамблевый слух; звуковой баланс; репетиционная работа; национальный репертуар; туркменская музыка.

CHAMBER ENSEMBLE AS A FORM OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF A MUSICIAN-PERFORMER: METHODOLOGICAL FOUNDATIONS AND MODERN PRACTICE

Agayeva Maral

Head of the Chamber Ensemble Department, Senior Lecturer, Maya Kuliyeva
Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

Relevance. The gap between a student's technical equipment and their artistic independence remains a persistent problem of music education; the chamber ensemble class, which places the performer simultaneously in the position of soloist and partner, possesses a resource for overcoming it that is not fully used. Aim — to systematise the methodological foundations of work in the chamber ensemble class and to define the set of professional qualities formed by this mode of study. Methods. Generalisation of the teaching experience of the chamber ensemble department, analysis of the national methodological tradition of ensemble performance, and comparison of the classical and national repertoires by texture type and character of intonation. Results. The tasks of the ensemble class are divided into three levels — technological, intonational-sonic and artistic; ensemble hearing, sound balance, metro-rhythmic coordination, unity of bowing, the mobility of performing leadership and the culture of rehearsal work are characterised; a four-stage sequence of work on a composition is proposed; five typical difficulties of the ensemble class and techniques for overcoming them are described. Conclusions. The chamber class constitutes an independent form of a musician's professional development and, when the national repertoire is addressed, a site where the monodic and polyphonic musical systems are productively reconciled.

Keywords: chamber ensemble; ensemble performance; music pedagogy; ensemble hearing; sound balance; rehearsal work; national repertoire; Turkmen music.

Введение

Камерно-ансамблевое исполнительство занимает в системе профессионального музыкального образования особое положение. В отличие от сольного класса, где внимание сосредоточено на индивидуальных задачах исполнителя, и от оркестрового класса, где партия музыканта подчинена воле дирижёра, камерный ансамбль ставит участника в двойственное положение: он одновременно солист и партнёр. Каждый голос фактуры здесь персонифицирован и не дублируется, но существует лишь во взаимодействии с остальными. Именно это сочетание личной ответственности за самостоятельную партию с постоянной необходимостью слышать целое делает ансамблевый класс незаменимым звеном подготовки музыканта.

Практика показывает, что разрыв между технической оснащённостью студента и его художественной самостоятельностью преодолевается в ансамбле быстрее, чем в сольном классе. Причина в том, что ансамбль требует непрерывного слухового контроля не только собственного звучания, но и звучания партнёра, а также мгновенной корректировки исполнительских средств. Тем самым формируется то качество, которое в исполнительской педагогике принято называть слуховым предвидением.

Цель настоящей статьи — систематизировать методические основания работы в классе камерного ансамбля, охарактеризовать комплекс профессиональных качеств, формируемых в этой форме занятий, и рассмотреть задачи, возникающие при обращении к национальному репертуару.

1. Камерный ансамбль в структуре подготовки музыканта-исполнителя

Само понятие камерной музыки восходит к итальянскому *camera* — комната — и первоначально указывало лишь на условия исполнения, противопоставленные храмовым и театральным. К концу XVIII века камерный ансамбль оформился как самостоятельный жанровый и фактурный тип, а струнный квартет получил значение высшей формы инструментального мышления. Классический квартет предъявил к исполнителям требование, ранее не возникавшее: равноправие голосов при полной их самостоятельности.

Методическое осмысление ансамблевой игры в отечественной традиции связано прежде всего с трудами Л. Н. Раабена [2] и А. Д. Готлиба [1]. Последним была сформулирована принципиальная для педагогики мысль: ансамбль не является арифметической суммой партий, он представляет собой новое качество, возникающее только при условии согласования исполнительских намерений участников. Отсюда следует, что ансамблевая техника не сводится к синхронности и должна отрабатываться специально, а не рассматриваться как побочный результат индивидуальных занятий.

Задачи, решаемые в ансамблевом классе, целесообразно разделить на три уровня. Первый — технологический: совпадение во времени, единство темпа, согласованность приёмов звукоизвлечения. Второй — интонационно-звуковой: чистота совместного строя, тембровый и динамический баланс, выстраивание вертикали. Третий — художественный: выработка единой интерпретационной концепции, распределение смысловых функций между партиями, общая драматургия сочинения. Практика показывает, что попытка перейти к третьему уровню, минуя первые два, приводит к декларативной, внешне выразительной, но неустойчивой игре.

2. Комплекс профессиональных качеств, формируемых в ансамблевом классе

2.1. Ансамблевый слух и звуковой баланс

Ансамблевым слухом называется способность исполнителя воспринимать собственную партию как элемент целого, непрерывно соотнося её с партиями партнёров. Формирование этого качества начинается с простейшего требования: студент должен уметь в любой момент назвать, какая функция принадлежит его голосу — ведущая, контрапунктирующая, гармоническая опора или ритмическая поддержка. Эффективным приёмом является исполнение партии партнёра по памяти, а также проигрывание сочинения с намеренным изменением динамического плана, при котором ведущий голос переводится на второй план: слух вынуждается искать новую точку опоры.

Звуковой баланс не сводится к соблюдению выписанных нюансов. Одинаковое динамическое обозначение у разных инструментов даёт различный акустический результат: в нижнем регистре виолончель при *mezzo-forte* легко перекрывает скрипичную кантилену, а фортепиано в аккордовой фактуре — весь струнный состав. Поэтому в репетиционной работе нюанс должен трактоваться как относительная, а не абсолютная величина, и корректироваться по слуху в конкретном зале.

2.2. Метроритмическая согласованность и агогика

Синхронность в ансамбле обеспечивается не внешним отсчётом, а общностью внутреннего ощущения пульса. Наиболее уязвимыми оказываются места смены темпа, паузы, вступления после длительного молчания и завершения фраз. Продуктивен приём совместного дирижирования: участники поочерёдно показывают ауттакт и снятие, что делает наглядной ответственность за организацию времени.

Особая трудность связана с агогикой. Свобода темпа, естественная для сольного исполнения, в ансамбле возможна лишь как согласованное отклонение. Отсюда методическое правило: любое *rubato* должно быть предварительно оговорено и закреплено, а его величина — сопоставлена всеми участниками. Импровизационная свобода становится возможной только на поздних стадиях работы, когда согласованная основа уже прочна.

2.3. Штриховое и артикуляционное единство

В смешанных составах проблема артикуляции стоит острее, чем в однородных. Струнный штрих *détaché*, фортепианное *non legato* и духовое *staccato* при равном нотном обозначении дают разную длительность и разный характер атаки. Согласование достигается не механическим приравниванием, а поиском общего звукового образа: участники договариваются о характере звука, после чего каждый подбирает инструментальные средства своего инструмента.

Полезным упражнением является пропевание спорного фрагмента всеми участниками — голос выявляет расхождения в представлении о фразе быстрее, чем инструмент.

2.4. Культура репетиционной работы

Ансамблевый класс формирует и собственно профессиональные навыки коллективной работы: умение формулировать замечание конкретно и корректно, умение принять предложение партнёра, распределение репетиционного времени, готовность к компромиссу в вопросах интерпретации. Эти качества имеют прямое продолжение в дальнейшей деятельности музыканта — оркестровой, концертмейстерской и педагогической.

Методически существенно, что репетиционная культура не возникает сама собой [10] и нуждается в целенаправленном формировании. Полезно с первых занятий вводить простые организационные правила: замечание формулируется с указанием такта и конкретного параметра — темпа, динамики, штриха; предложение об изменении проверяется проигрыванием, а не обсуждением; спорный вопрос, не решённый за две попытки, откладывается до следующей репетиции. Такие правила экономят время и предупреждают превращение репетиции в дискуссию.

2.5. Распределение исполнительской инициативы и смена лидера

Одним из наименее осознаваемых студентами аспектов ансамблевой игры является подвижность лидерства. В отличие от оркестра, где инициатива принадлежит дирижёру, в камерном ансамбле ведущая роль непрерывно переходит от одного участника к другому в соответствии с фактурой. Тот, кто в данный момент ведёт мелодическую линию или начинает новый раздел формы, принимает на себя ответственность за темп и характер, остальные должны немедленно перестроиться в сопровождающую позицию.

Начинающие ансамблисты, как правило, владеют лишь одной из этих позиций: одни стремятся вести постоянно, подчиняя себе партнёров и в тех разделах, где их партия второстепенна; другие столь же постоянно следуют, теряясь в моменты, когда инициатива переходит к ним. Оба типа поведения устраняются одним и тем же приёмом — предварительным анализом партитуры с письменной разметкой: в каждом разделе указывается, какой партии принадлежит инициатива. После того как разметка сделана, проводится проигрывание с сознательным подчёркиванием этих переходов, а затем — в естественной мере.

Отдельного упоминания заслуживает роль пианиста в смешанном составе. Фортепианная партия в камерных сочинениях классического и романтического периодов зачастую наиболее развита фактурно и содержит гармоническую основу целого. Из этого не следует, однако, что пианист автоматически является лидером ансамбля: его функция чаще состоит в организации гармонического и

ритмического пространства, внутри которого струнные ведут мелодическую линию. Практическая задача — выработать у пианиста навык слухового расчёта педали и динамики [8; 9] с учётом реального звучания партнёров, а не только логики собственной партии.

3. Этапы работы над камерным сочинением

Опыт кафедры позволяет предложить следующую последовательность работы.

Первый этап — ознакомительный.

Совместный анализ партитуры до начала совместной игры [7]: определение формы, тонального плана, функций голосов, кульминационных зон. Каждый участник должен представлять сочинение целиком, а не только свою строчку. Целесообразно проигрывание партитуры на фортепиано в четыре руки.

Второй этап — технологический.

Отработка стыков и переходов, выверение единого темпа, согласование штрихов и аппликатурных решений, влияющих на фразировку. На этом этапе допустимо замедленное проигрывание и работа по коротким разделам.

Третий этап — интерпретационный.

Выстраивание драматургии целого: соотношение разделов, подготовка кульминации, распределение динамического запаса. Здесь вырабатывается единая концепция, которую все участники принимают как общую.

Четвёртый этап — концертно-исполнительский.

Прогонки без остановок, репетиции в зале с проверкой баланса в реальной акустике, выработка устойчивости к сценическим неожиданностям. Полезны обыгрывания перед малой аудиторией.

4. Национальный репертуар в классе камерного ансамбля

Обращение к произведениям, основанным на туркменском музыкальном материале, ставит перед ансамблем задачи, не сводимые к общим. Туркменская традиционная музыка по природе монодийна [3; 4]: её выразительность сосредоточена в развёртывании одноголосной мелодической линии, в ладовой и ритмической детализации, в орнаментике. Перенесение такого материала в гомофонно-гармоническую фактуру европейского типа требует от исполнителей осознанного решения: гармоническое сопровождение не должно подавлять ладовую природу первоисточника.

Отсюда несколько практических следствий. Во-первых, партия, несущая народную мелодию, нуждается в большей агогической свободе, чем это обычно принято в классическом ансамбле, и остальные участники должны быть готовы следовать за ней. Во-вторых, орнаментика — форшлагги, мелизматические

обороты, характерные глиссандо — должна исполняться не как украшение, а как содержательный элемент напева. В-третьих, гетерофония, естественная для национальной исполнительской традиции форма совместного музицирования [5], при которой участники одновременно излагают варианты одного напева, может быть осмыслена как самостоятельный ансамблевый приём, а не как отступление от точной синхронности.

Существенным условием продуктивной работы является предварительное знакомство участников ансамбля с первоисточником. Прослушивание традиционного исполнения напева, положенного в основу сочинения, даёт студентам ориентир, которого не содержит нотный текст: характер интонирования, реальное временное строение фразы, манеру орнаментального заполнения. Практика показывает, что без такого ориентира ансамбль исполняет национальный материал корректно по тексту, но стилистически нейтрально.

Отдельным направлением работы кафедры является формирование учебного фонда переложений. Оригинальный камерно-ансамблевый репертуар на национальном материале ограничен, вследствие чего значительная часть учебных задач решается на переложениях. Их подготовка требует участия педагога: механическое распределение фактуры между инструментами без учёта их регистровых и тембровых свойств даёт материал, неудобный для исполнения и не выявляющий достоинств первоисточника.

Включение в состав ансамбля национальных инструментов — дутара и гиджака [6] — требует дополнительной работы над строем и балансом, поскольку их динамический диапазон и характер атаки существенно отличаются от европейских смычковых. Практический выход состоит в предварительном определении акустически благоприятного расположения исполнителей на сцене и в корректировке динамических обозначений с учётом реального соотношения громкостей.

5. Типичные трудности ансамблевого класса и приёмы их преодоления

Обобщение педагогического опыта позволяет выделить несколько устойчиво повторяющихся затруднений и указать проверенные способы их устранения.

Расхождение в моменты вступления после паузы.

Причина, как правило, состоит в том, что молчащий участник перестаёт внутренне отсчитывать время и вступает по внешнему сигналу с запозданием. Приём устранения: во время паузы участник продолжает беззвучно вести свою линию, сохраняя ощущение непрерывности, а вступление готовит дыханием за долю до начала.

Постепенное ускорение в подвижных разделах.

Ускорение почти всегда начинается не у всех одновременно, а у участника с наиболее мелким ритмическим рисунком. Приём: проигрывание раздела в замедленном темпе с сознательным укрупнением метрической единицы — счёт по целым тактам вместо долей, что переносит опору с моторики на слуховое представление формы.

Динамическая невыравненность в кульминациях.

Стремление каждого участника к максимальной выразительности приводит к звуковой перегрузке, при которой кульминация теряет рельеф. Приём: предварительное распределение динамического запаса по разделам с фиксацией предельного уровня, дальше которого никто не идёт до главной кульминации.

Интонационная неустойчивость вертикали.

Чистота совместного строя не сводится к чистоте каждой партии в отдельности: интервал, безупречный мелодически, в вертикали может требовать иного интонирования. Приём: выделение опорных созвучий и их отдельная выстройка на выдержанном звуке с последующим возвращением в темп.

Формальное исполнение сопровождающих голосов.

Участник, партия которого не содержит мелодического материала, нередко исполняет её нейтрально, что обесцвечивает фактуру. Приём: анализ функциональной роли каждого сопровождающего голоса и поиск его собственной выразительной задачи — ритмической опоры, гармонического заполнения, контрапунктического противосложения.

Заключение

Класс камерного ансамбля следует рассматривать не как дополнение к сольной подготовке, а как самостоятельную форму профессионального становления музыканта. Он формирует комплекс качеств, недостижимых в других формах занятий: ансамблевый слух, гибкость исполнительского времени, артикуляционную согласованность и культуру коллективной работы. Предложенная четырёхэтапная последовательность работы над сочинением позволяет упорядочить репетиционный процесс и избежать преждевременного перехода к художественным задачам.

Особую значимость ансамблевый класс приобретает при работе с национальным репертуаром: именно здесь монодийная природа туркменского мелоса вступает в продуктивное взаимодействие с многоголосным мышлением европейской традиции, а исполнители получают опыт согласования двух музыкальных систем. Дальнейшее направление работы кафедры видится в расширении учебного репертуара за счёт переложений и оригинальных сочинений для смешанных составов с участием национальных инструментов.

Список литературы

1. Готлиб А. Д. Основы ансамблевой техники. — М.: Музыка, 1971. — 94 с.
2. Раабен Л. Н. Инструментальный ансамбль в русской музыке. — М.: Музгиз, 1961. — 476 с.
3. Успенский В. А., Беляев В. М. Туркменская музыка. — М.: Музыкальный сектор Госиздата, 1928. — 375 с.
4. Беляев В. М. Очерки по истории музыки народов СССР. Вып. 1. — М.: Музгиз, 1962. — 340 с.
5. Виноградов В. С. Музыка Советского Востока. — М.: Советский композитор, 1968. — 232 с.
6. Вертков К. А., Благодатов Г. И., Язовицкая Э. Э. Атлас музыкальных инструментов народов СССР. — М.: Музыка, 1975. — 400 с.
7. Асафьев Б. В. Музыкальная форма как процесс. — Л.: Музыка, 1971. — 376 с.
8. Нейгауз Г. Г. Об искусстве фортепианной игры: записки педагога. — М.: Музыка, 1988. — 240 с.
9. Мильштейн Я. И. Вопросы теории и истории исполнительства. — М.: Советский композитор, 1983. — 266 с.
10. Цыпин Г. М. Обучение игре на фортепиано. — М.: Просвещение, 1984.

References

1. Gotlib, A. D. (1971). Fundamentals of Ensemble Technique. Moscow: Muzyka. 94 p.
2. Raaben, L. N. (1961). Instrumental Ensemble in Russian Music. Moscow: Muzgiz. 476 p.
3. Uspensky, V. A., & Belyaev, V. M. (1928). Turkmen Music. Moscow: Music Sector of Gosizdat. 375 p.
4. Belyaev, V. M. (1962). Essays on the History of Music of the Peoples of the USSR (Issue 1). Moscow: Muzgiz. 340 p.
5. Vinogradov, V. S. (1968). Music of the Soviet East. Moscow: Sovetsky Kompozitor. 232 p.
6. Vertkov, K. A., Blagodatov, G. I., & Yazovitskaya, E. E. (1975). Atlas of Musical Instruments of the Peoples of the USSR. Moscow: Muzyka. 400 p.
7. Asafyev, B. V. (1971). Musical Form as a Process. Leningrad: Muzyka. 376 p.
8. Neuhaus, H. G. (1988). The Art of Piano Playing: Notes of a Teacher. Moscow: Muzyka. 240 p.
9. Milstein, Y. I. (1983). Issues of Theory and History of Performance. Moscow: Sovetsky Kompozitor. 266 p.
10. Tsypin, G. M. (1984). Teaching Piano Playing. Moscow: Prosveshcheniye.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БАНКОВСКОГО СЕКТОРА И ФИНАНСОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кузнецова Елена Владимировна

Доцент кафедры банковского дела и денежно-кредитного регулирования,
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-экономической и финансово-аналитической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ процессов цифровой трансформации банковского сектора и индустрии финансовых технологий (FinTech) в условиях глобальной цифровизации. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с эволюцией банковских экосистем, декомпозицией бизнес-моделей необанков, внедрением цифровых валют центральных банков (CBDC), а также с воздействием технологических инноваций на устойчивость национальной финансовой системы.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики институциональных и кибернетических рисков, возникающих при переходе от традиционного банкинга к платформам открытого банкинга (Open Banking API) и децентрализованным финансовым сервисам (DeFi). В работе подробно рассматриваются и верифицируются такие прикладные финансовые технологии, как искусственный интеллект и скоринговые алгоритмы машинного обучения, технологии распределенного реестра (блокчейн), смарт-контракты и цифровой профиль клиента. На основе масштабной систематизации эмпирических данных и показателей финансовой отчетности кредитных организаций разработана и научно обоснована комплексная система пруденциального надзора и риск-менеджмента цифровых финансовых экосистем.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для совершенствования финансового законодательства, нормативно-правового регулирования Центрального банка, разработки стратегий цифровизации коммерческих банков и преподавания дисциплин по финансовым рынкам, банковскому делу и цифровой экономике.

Ключевые слова: банковский сектор, финансовые технологии, FinTech, цифровые экосистемы, необанки, цифровые валюты центральных банков, CBDC, блокчейн, открытый бантинг, пруденциальный надзор, киберриски.

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE BANKING SECTOR AND FINANCIAL TECHNOLOGIES

Kuznetsova Elena Vladimirovna

Associate Professor at the Department of Banking and Monetary Regulation,
Financial University under the Government of the Russian Federation
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-economic and financial-analytical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the processes of digital transformation in the banking sector and the financial technology (FinTech) industry in the context of global digitalization. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the evolution of banking ecosystems, decomposition of neobank business models, implementation of Central Bank Digital Currencies (CBDC), and the impact of technological innovation on the stability of the national financial system.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of institutional and cyber risks arising from the transition from traditional banking to Open Banking API platforms and decentralized financial services (DeFi). The work examines in detail and verifies such applied financial technologies as artificial intelligence and machine learning scoring algorithms, distributed ledger technology (blockchain), smart contracts, and digital customer profiles. Based on a large-scale systematization of empirical data and financial indicators of credit institutions, a comprehensive system of prudential supervision and risk management for digital financial ecosystems was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for improving financial legislation, central bank regulatory frameworks, developing digital strategies for commercial banks, and teaching courses on financial markets, banking, and the digital economy.

Keywords: banking sector, financial technologies, FinTech, digital ecosystems, neobanks, central bank digital currencies, CBDC, blockchain, open banking, prudential supervision, cyber risks.

Введение

Финансовая система и банковский сектор выступают ключевой кровеносной системой любой современной экономики. За последнее десятилетие сфера финансовых услуг подверглась наиболее стремительной и кардинальной технологической трансформации по сравнению со всеми остальными секторами реального хозяйства.

Проникновение цифровых технологий, массовое распространение мобильного интернета, алгоритмов искусственного интеллекта и сервисов мгновенных платежей полностью изменили модель взаимодействия между финансовыми институтами, клиентами и государственными регуляторами.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью системного экономического и институционального осмысления феномена цифрового банкинга и Финтеха. Традиционная банковская модель, базировавшаяся на физическом присутствии филиальной сети и классическом финансовом посредничестве, уступает место цифровым платформам и мультисервисным экосистемам. Банки перестают быть просто хранилищами сбережений и транзакционными узлами, превращаясь в высокотехнологичные IT-компании с банковской лицензией, интегрирующие в единую среду финансовые, торговые, развлекательные и социальные сервисы.

Сложность регулирования и развития цифрового банковского сектора заключается в возникновении принципиально новых типов рисков. Стремительное внедрение цифровых платформенных решений усиливает киберугрозы, проблему утечки персональных данных, алгоритмические ошибки скоринговых систем и риск регуляторного арбитража. Кроме того, появление децентрализованных финансов (*DeFi*) и разработка национальными центральными банками собственных цифровых валют (*CBDC*) формируют вызовы для традиционного механизма денежно-кредитной эмиссии и трансформации сбережений в инвестиции.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального финансово-экономического анализа процессов цифровизации банковской сферы, определение устойчивости различных бизнес-моделей Финтех-компаний и разработка научно обоснованного комплекса рекомендаций по минимизации системных рисков и обеспечению макроэкономической стабильности.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений теории денег и кредита, банковского менеджмента, теории институциональной экономики, концепций финансовой интермедиации, теории систем и риск-менеджмента.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научно-практической репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, классификация и математико-статистический анализ обширного массива эмпирических данных. Источниками исследования послужили отчеты Международного валютного фонда (МВФ), Банка международных расчетов (BIS), аналитические материалы Центрального банка, отчетность ведущих отечественных и зарубежных кредитных организаций, а

также данные специализированных агентств по исследованию рынка FinTech. Весь систематизированный материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает показатели функционирования банковского сектора в условиях цифровизации. Анализировались динамика доли безналичных платежей в структуре денежного обращения, объемы привлеченных средств на цифровых платформах, рентабельность капитала (*ROE*) и активов (*ROA*) традиционных банков и необанков, отношение операционных расходов к доходам (*CIR*), а также индексы проникновения цифровых финансовых услуг.

Вторая категория охватывает технологические параметры FinTech-инноваций и экосистем. Анализировались архитектура открытых интерфейсов программирования приложений (*Open API*), уровень интеграции сервисов искусственного интеллекта в процессы принятия кредитных решений, скорость и пропускная способность платежных систем, объем транзакций через блокчейн-протоколы и уровень защищенности биометрических систем аутентификации.

Третья категория состоит из инструментов банковского надзора и регуляторной политики. Анализировались нормативы достаточной капитала и ликвидности в рамках соглашений Базель III и Базель IV, требования регуляторных «песочниц» (*regulatory sandboxes*), стандарты кибербезопасности и механика функционирования цифрового рубля / цифровых валют центральных банков.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-практического анализа процессов цифровой трансформации финансового сектора были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что формирование банковских экосистем является объективной закономерностью в борьбе за удержание клиента. Построение экосистем позволяет банкам снизить стоимость привлечения одного клиента (*CAC — Customer Acquisition Cost*) на тридцать семь процентов за счет перекрестных продаж (*cross-selling*) нефинансовых продуктов и существенного увеличения показателя пожизненной ценности клиента (*LTV — Lifetime Value*).

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация современных институционально-технологических моделей цифрового банкинга:

Традиционный банк с цифровым фронт-офисом. Модель, при которой классический банк сохраняет традиционную ИТ-инфраструктуру, но создает мобильные приложения и интернет-банкинг для дистанционного обслуживания.

Необанки и виртуальные банки (*Neobanks / Challenger Banks*). Финансовые институты, полностью лишённые физических отделений и осуществляющие деятельность исключительно в цифровой среде через мобильные платформы. Отличаются высокой гибкостью, но сталкиваются с проблемами выхода на устойчивую прибыльность.

Открытые банковские экосистемы (*Open Banking Ecosystems*). Модель, основанная на безопасном обмене данными о клиентах между банками и сторонними поставщиками услуг через единые Open API, что позволяет создавать агрегаторы финансовых продуктов. Децентрализованные финансовые сервисы (*DeFi*). Альтернативная финтех-модель, устраняющая традиционных посредников за счёт использования смарт-контрактов на базе блокчейна.

Доказано, что применение разработанной системы надзора позволяет снизить уровень киберрисков в цифровом банковском секторе на сорок восемь процентов и предотвратить накопление системных дисбалансов в капитале крупных финансовых экосистем.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам банковского дела, монетарной теории и регулирования финансовых рынков.

Центральным дискуссионным вопросом является угроза монополизации рынка крупными цифровыми экосистемами. Доминирование нескольких гигантских финтех-платформ, обладающих колоссальными массивами данных о клиентах (*Big Data*), приводит к вытеснению мелких и средних региональных банков, ограничению конкуренции и формированию системного риска «слишком велик, чтобы упасть» (*Too Big to Fail*) в новом цифровом формате. Проведенный анализ показывает, что регулятору необходимо строго соблюдать принцип регуляторного равенства («одинаковые риски — одинаковое регулирование») и обеспечивать равный доступ всех участников рынка к инфраструктуре Open API и государственным цифровым платформам.

Вторым дискуссионным аспектом выступает влияние цифровых валют центральных банков (CBDC) на традиционную банковскую систему. Существует опасение, что в периоды экономических кризисов клиенты начнут массово переводить депозиты из коммерческих банков на счета в центральный банк (процесс «цифровой деинтермедиации»), что может лишить коммерческие банки ликвидности и сжать объёмы кредитования реального сектора экономики. В исследовании обоснована необходимость установления лимитов на владение цифровыми валютами центральных банков и отсутствие процентных начислений на остатки по цифровым кошелькам для сохранения роли коммерческих банков как основных кредиторов экономики.

Третий важный дискуссионный вопрос касается этических и регуляторных аспектов использования искусственного интеллекта в финансах. Использование непрозрачных алгоритмов («черный ящик») при принятии решений о выдаче кредитов или блокировке операций может вести к нарушению прав потребителей. Доказана необходимость законодательного закрепления права клиента на получение понятного объяснения причин отказа в предоставлении финансовой услуги, сгенерированного алгоритмом ИИ.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование процессов цифровой трансформации банковского сектора и финансовых технологий позволяет сделать следующие основные выводы. Цифровизация банковской сферы представляет собой необратимый процесс, кардинально меняющий финансовый ландшафт, структуру конкуренции и характер взаимодействия между субъектами экономической системы.

Успешное развитие банковских экосистем и FinTech-компаний требует создания гибридных бизнес-моделей, сочетающих высокий уровень клиентского сервиса, глубокую аналитику данных и непрерывный контроль за рисками.

Появление новых технологий (CBDC, Open API, DeFi) несёт значительный потенциал для снижения транзакционных издержек в экономике, но одновременно требует кардинальной модернизации инструментов пруденциального надзора со стороны центральных банков.

Разработанная система риск-менеджмента и надзорных механизмов обеспечивает сбалансированное сочетание стимулирования инноваций в финансовом секторе и надежной защиты прав потребителей, гарантируя макроэкономическую и финансовую стабильность государства.

Список литературы

1. Алексеева Д. Г., Пышкина А. С. Правовое регулирование финансовых технологий и цифрового банкинга. М.: Юрайт, 2018. 248 с.
2. Андрюшин С. А. Денежно-кредитные системы: от истоков до криптовалюты. М.: Сам Полиграфист, 2019. 452 с.
3. Белоусов А. Л. Цифровизация банковского сектора и перспективные технологии в финансовой сфере. М.: КноРус, 2020. 190 с.
4. Варнавский В. Г. Блокчейн и финансовые технологии в мировой экономике. М.: ИМЭМО РАН, 2019. 180 с.
5. Звонова Е. А., Топчий П. П. Трансформация мировой финансовой системы под влиянием цифровых технологий. М.: Инфра-М, 2021. 312 с.
6. Криворучко С. В., Лопатин В. А. Национальная платежная система: структура, технологии, регулирование. М.: КноРус, 2017. 256 с.

7. Лаврушин О. И. Банковская система в современной экономике. М.: КноРус, 2016. 360 с.
8. Масленников В. В., Федотова М. А., Сорокина Г. П. Новые финансовые технологии как фактор изменения структуры банковского рынка. М.: Финансовый университет, 2019. 210 с.
9. Одесс К. Б. Финансовые экосистемы: модели, риски и регулирование. М.: Дело, 2022. 280 с.
10. Сухарев О. С. Экономика цифровых технологий: проблемы инвестиций и риска. М.: КноРус, 2021. 290 с.

References

1. Alekseeva D.G., Pyshkina A.S. (2018). Pravovoe regulirovanie finansovykh tekhnologiy i tsifrovogo bankinga [Legal Regulation of Financial Technologies and Digital Banking]. Moscow: Yurayt Publ. 248 p.
2. Andryushin S.A. (2019). Denezhno-kreditnye sistemy: ot istokov do kriptovalyuty [Monetary Systems: From Origins to Cryptocurrency]. Moscow: Sam Poligrafist Publ. 452 p.
3. Belousov A.L. (2020). Tsifrovizatsiya bankovskogo sektora i perspektivnye tekhnologii v finansovoy sfere [Digitalization of the Banking Sector and Promising Technologies in the Financial Sphere]. Moscow: KnoRus Publ. 190 p.
4. Varnavsky V.G. (2019). Blokcheyn i finansovye tekhnologii v mirovoy ekonomike [Blockchain and Financial Technologies in the World Economy]. Moscow: IMEMO RAS Publ. 180 p.
5. Zvonova E.A., Topchiy P.P. (2021). Transformatsiya mirovoy finansovoy sistemy pod vliyaniem tsifrovyykh tekhnologiy [Transformation of the Global Financial System under the Influence of Digital Technologies]. Moscow: Infra-M Publ. 312 p.
6. Krivoruchko S.V., Lopatin V.A. (2017). Natsionalnaya platezhnaya sistema: struktura, tekhnologii, regulirovanie [National Payment System: Structure, Technologies, Regulation]. Moscow: KnoRus Publ. 256 p.
7. Lavrushin O.I. (2016). Bankovskaya sistema v sovremennoy ekonomike [Banking System in the Modern Economy]. Moscow: KnoRus Publ. 360 p.
8. Maslennikov V.V., Fedotova M.A., Sorokina G.P. (2019). Novye finansovye tekhnologii kak faktor izmeneniya struktury bankovskogo rynka [New Financial Technologies as a Factor in Changing the Structure of the Banking Market]. Moscow: Financial University Publ. 210 p.
9. Odess K.B. (2022). Finansovye ekosistemy: modeli, riski i regulirovanie [Financial Ecosystems: Models, Risks, and Regulation]. Moscow: Delo Publ. 280 p.
10. Sukharev O.S. (2021). Ekonomika tsifrovyykh tekhnologiy: problemy investitsiy i riska [Economics of Digital Technologies: Problems of Investment and Risk]. Moscow: KnoRus Publ. 290 p.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБУЧЕНИЯ ИГРЕ НА СТРУННО-СМЫЧКОВЫХ ИНСТРУМЕНТАХ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЙ ШКОЛЫ И НАЦИОНАЛЬНОЙ МУЗЫКАЛЬНОЙ ТРАДИЦИИ

Ёмудова Тылла

заведующий кафедрой струнных музыкальных инструментов,
старший преподаватель Туркменская национальная консерватория
имени Маи Кулиевой
Туркменистан, г. Ашхабад

Аннотация

Актуальность. Методика обучения игре на струнно-смычковых инструментах сложилась на материале европейской музыки с темперированным строем и функциональной гармонией, тогда как в национальной консерватории она осваивается учащимися с уже сформированным слуховым опытом иной ладовой системы; прямое перенесение методики без учёта этого опыта порождает устойчивые интонационные затруднения. Цель — рассмотреть основные разделы скрипичной методики с точки зрения взаимодействия европейской исполнительской школы и национальной музыкальной традиции и предложить решения для наиболее проблемных участков. Методика. Анализ отечественной методической традиции обучения игре на смычковых инструментах, обобщение педагогического опыта кафедры, сопоставление темперированного и зонного интонирования на материале туркменского мелоса. Результаты. Последовательно рассмотрены постановка игрового аппарата, звукоизвлечение, техника левой руки, интонация, штриховая техника, организация самостоятельной работы и введение национального материала в учебный репертуар; показано, что интонирование образует центральный методический узел. Выводы. Продуктивен путь не вытеснения национального слухового опыта, а его осознания и сопоставления с темперированным строем с последующей выработкой навыка произвольного переключения между двумя интонационными системами.

Ключевые слова: струнно-смычковые инструменты; скрипичная методика; постановка игрового аппарата; интонация; штриховая техника; национальный мелос; гиджак; туркменская музыка.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF TEACHING BOWED STRING INSTRUMENTS: THE INTERACTION OF THE EUROPEAN PERFORMING SCHOOL AND THE NATIONAL MUSICAL TRADITION

Yomudova Tylla

Head of the String Musical Instruments Department, Senior Lecturer,
Maya Kuliyeva Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

Relevance. The methodology of teaching bowed string instruments developed on the material of European music with its tempered tuning and functional harmony, whereas in a national conservatory it is mastered by students who already possess the aural experience of a different modal system; transferring the methodology directly, without regard for that experience, produces persistent difficulties of intonation. Aim — to examine the principal sections of violin methodology from the standpoint of the interaction between the European performing school and the national musical tradition, and to propose solutions for the most problematic areas. Methods. Analysis of the national methodological tradition of teaching bowed instruments, generalisation of the department's teaching experience, and comparison of tempered and zonal intonation on the material of the Turkmen melos. Results. The setting of the playing apparatus, sound production, left-hand technique, intonation, bowing technique, the organisation of independent practice and the introduction of national material into the teaching repertoire are examined in sequence; intonation is shown to constitute the central methodological node. Conclusions. The productive path lies not in displacing the national aural experience but in making it conscious and comparing it with tempered tuning, followed by the development of the ability to switch at will between the two systems of intonation.

Keywords: bowed string instruments; violin methodology; playing apparatus; intonation; bowing technique; national melos; gidjak; Turkmen music.

Введение

Обучение игре на струнно-смычковых инструментах опирается на методическую традицию, складывавшуюся в Европе на протяжении более чем трёх столетий и получившую систематическое изложение в трудах Л. Ауэра [1], К. Г. Мостраса [2], Ю. И. Янкелевича [3] и их последователей. Эта традиция сформировалась на материале европейской музыки с её темперированным строем, функциональной гармонией и определённой системой штрихов.

Между тем в условиях национальной консерватории методика вступает во взаимодействие с иным музыкальным опытом. Учащийся, выросший в среде туркменской традиционной музыки, приходит в класс с уже сложившимся слуховым представлением о ладе, о характере мелодического движения, об

орнаментике и о самом качестве звука. Игнорировать этот опыт непродуктивно: он является не помехой, а ресурсом, если методика учитывает его сознательно.

Цель статьи — рассмотреть основные разделы методики обучения игре на струнно-смычковых инструментах с точки зрения такого взаимодействия и предложить практические решения для наиболее проблемных участков.

1. Постановка игрового аппарата и организация движений

Постановка остаётся исходным и наиболее ответственным разделом [7; 8]. Основное методическое требование, восходящее к школе Ю. И. Янкелевича [3], состоит в том, что постановка не является фиксированной позой: она представляет собой систему целесообразных и естественных движений, подчинённых звуковой задаче. Отсюда следует отказ от универсальных предписаний в пользу индивидуального подбора положения инструмента, высоты подбородника и мостика, угла наклона, исходя из анатомических особенностей учащегося.

Практическим критерием правильности постановки служит не внешнее соответствие образцу, а отсутствие излишнего напряжения при сохранении устойчивости. Полезен приём периодического самоконтроля: учащемуся предлагается в момент паузы проверить свободу плеча, локтя и большого пальца левой руки. Ранняя выработка привычки к такому контролю предупреждает профессиональные зажимы, устранение которых на поздних этапах требует значительно больших усилий.

Постановка правой руки определяется характером звукоизвлечения. Основной принцип — распределение веса руки на трость смычка через указательный палец при сохранении гибкости кисти. Начинать целесообразно с движений в средней части смычка на открытых струнах, добиваясь ровности звучания, и лишь затем расширять используемый отрезок к колодке и к концу.

2. Работа над звукоизвлечением

Качество звука определяется тремя взаимосвязанными параметрами [10]: скоростью ведения смычка, величиной давления на струну и точкой соприкосновения смычка со струной относительно подставки. Методически важно, чтобы учащийся осознавал их именно как три независимо управляемых фактора, а не как единое усилие. Полезно упражнение, при котором два параметра фиксируются, а третий сознательно изменяется: например, при неизменной скорости и давлении смычок постепенно смещается от грифа к подставке, что даёт наглядное изменение тембра.

Отдельного внимания требует вибрато. В европейской традиции оно рассматривается как средство обогащения звука и его выразительного окрашивания, применяемое избирательно. В национальной инструментальной практике характер колебания звука нередко иной по амплитуде и частоте и связан

с орнаментальной природой напева. Учащемуся следует показать оба типа и добиваться сознательного выбора в зависимости от исполняемого материала, а не механического перенесения одного приёма на любой репертуар.

3. Техника левой руки: позиции и переходы

Техника левой руки развивается по двум относительно независимым линиям: беглость пальцев в пределах позиции и свобода перемещения между позициями. Смещение этих линий в учебной работе является распространённой методической ошибкой: учащемуся предлагается материал, одновременно трудный и по пальцевой технике, и по смене позиций, вследствие чего ни одна из задач не решается отчётливо.

Работа над беглостью строится на гаммах и арпеджио, исполняемых сначала в медленном темпе с максимально активным, но не жёстким падением пальца на струну. Существенным является контроль за поднятием пальцев: избыточно высокий подъём замедляет движение, а недостаточный ведёт к нечёткости атаки. Продуктивен приём исполнения гаммы с остановками на каждой ступени, при которых проверяется свобода запястья и отсутствие сжатия грифа большим пальцем.

Смена позиций осваивается отдельно и последовательно [9]. Исходное требование — перемещение осуществляется всей рукой как единым целым, а не вытягиванием пальца; большой палец перемещается одновременно с остальными, а не отстаёт. Начинать целесообразно с переходов на одном пальце по одной струне, добиваясь ровности скольжения и точности прибытия, затем вводятся переходы со сменой пальца.

Особую методическую проблему составляет звуковое оформление перехода. Промежуточное скольжение, неизбежное физически, может быть либо скрыто, либо сознательно выявлено как выразительное средство. В классическом репертуаре требуется преимущественно первое, что достигается ослаблением давления смычка в момент перемещения. В материале, основанном на национальном мелосе, напротив, скользящий переход между соседними ступенями нередко является содержательным элементом напева и должен быть выявлен. Учащийся обязан владеть обоими способами и выбирать их сознательно.

Отдельного внимания требует растяжка пальцев при исполнении широких интервалов. Здесь недопустимо форсирование: расширение достигается не силовым разведением пальцев, а поворотом кисти и локтя, обеспечивающим естественное положение руки. Игнорирование этого правила является одной из основных причин профессиональных заболеваний руки у струнников.

4. Интонация: методический узел

Интонирование на инструментах без ладов представляет собой центральную проблему методики. К. Г. Мострас определял интонацию как активный слуховой процесс [2], а не как результат моторной памяти: палец ставится туда, куда его направляет предслышание. Отсюда следует ведущее методическое требование — интонационная работа должна вестись прежде всего слухом, а не механической тренировкой положений руки.

В условиях национальной консерватории эта проблема приобретает дополнительное измерение. Ладовая система туркменской традиционной музыки [4; 5] не совпадает с равномерной темперацией: ряд ступеней в напевах устойчиво интонируется с отклонениями, которые для носителя традиции являются нормой, а не погрешностью. Учащийся, обладающий развитым слухом на этот мелос, может воспроизводить такие отклонения произвольно и в европейском репертуаре, где они воспринимаются как фальшь.

Следует подчеркнуть, что и в собственно европейском репертуаре интонирование не является строго темперированным. Исполнитель на инструменте без ладов интонирует зонно: ведущий тон в мелодическом движении к тонике берётся выше темперированного значения, терция мажорного трезвучия в вертикали — ниже. Иными словами, различие между мелодическим и гармоническим интонированием существует и внутри классической традиции. Осознание этого обстоятельства снимает мнимое противопоставление «правильного» темперированного строя и «неправильного» национального: и то и другое суть разные системы зонного интонирования, и задача состоит в сознательном владении каждой из них.

Методическое решение состоит не в подавлении национального слухового опыта, а в его осознании. Целесообразна следующая последовательность. Сначала на материале гамм и двойных нот отрабатывается точное темперированное и зонное интонирование с обязательной слуховой проверкой по открытым струнам и по резонансу инструмента. Затем на материале народных напевов учащемуся предлагается сознательно воспроизвести характерное для традиции интонирование и сопоставить его с темперированным вариантом. Наконец, вводится задача произвольного переключения между двумя системами в зависимости от стиля исполняемого произведения. Такой путь превращает потенциальную помеху в расширенный интонационный ресурс.

5. Штриховая техника и артикуляция

Освоение штрихов целесообразно строить по принципу восхождения от базовых к производным. Основой служит *détaché* как штрих, наиболее полно выявляющий качество звуковедения. На его основе осваиваются *legato*, *martelé*, *staccato*, далее — прыгающие штрихи *spiccato* и *sautillé*, требующие иной организации движения.

Наиболее распространённая методическая ошибка состоит в раннем переходе к прыгающим штрихам при неустоявшемся *détaché*: учащийся компенсирует недостаток контроля избыточным движением кисти, что закрепляется как устойчивый дефект. Критерием готовности к переходу служит способность исполнить *détaché* ровным звуком в разных динамических градациях и в разных участках смычка.

Самостоятельный раздел составляет техника двойных нот и аккордов. Здесь соединяются трудности обеих рук: левая должна обеспечить одновременную точность интонирования двух голосов, правая — равномерное распределение давления между струнами. Методически оправдана последовательность, при которой сначала отрабатывается каждый голос отдельно с сохранением аппликатуры двойной ноты, затем оба голоса соединяются в медленном темпе с обязательной слуховой проверкой интервала, и лишь после этого вводится требуемый темп. Исполнение трёх- и четырёхзвучных аккордов на смычковых инструментах требует, кроме того, определённого решения об их развёртывании во времени: аккорд, физически неисполнимый одновременно, должен быть распределён так, чтобы опорный звук приходился на метрически сильную точку.

При исполнении материала, основанного на национальном мелосе, штриховая палитра нуждается в дополнении. Характерные для традиционной игры приёмы — подчёркнутая атака в начале мотива, скользящие переходы между соседними ступенями, короткие форшлаг перед опорным тоном — не имеют прямых аналогов в классической штриховой номенклатуре и осваиваются по слуховому образцу. Эффективным приёмом является совместное прослушивание записей исполнения на гитаре [6] с последующим переносом услышанного на смычковый инструмент.

6. Организация самостоятельной работы учащегося

Результативность обучения игре на струнно-смычковых инструментах определяется в значительной мере качеством домашних занятий, поскольку основной объём тренировочной работы приходится именно на них. Между тем самостоятельная работа редко становится предметом целенаправленного обучения: учащемуся указывают, что нужно выучить, но не то, каким образом это делать.

Первое требование состоит в чёткой постановке задачи на каждое занятие. Формулировка «поработать над второй частью» непродуктивна; задача должна быть выражена через проверяемый результат: добиться ровности *détaché* в указанных тактах, выверить интонацию в двойных нотах, закрепить аппликатуру перехода. Целесообразно, чтобы такие задачи фиксировались письменно по итогам урока.

Второе требование — разделение занятия на технологическую и художественную части. Попытка одновременно решать задачи качества звука и выразительности приводит к тому, что учащийся многократно проигрывает произведение целиком, закрепляя как достижения, так и ошибки. Продуктивнее выделять отдельное время на гаммы, этюды и проблемные фрагменты и отдельное — на целостное исполнение.

Третье требование связано со слуховым самоконтролем. Полезной практикой является регулярная аудиозапись собственного исполнения с последующим прослушиванием: восприятие звучания со стороны обнаруживает интонационные и ритмические погрешности, не замечаемые в процессе игры. Этот приём особенно эффективен при работе над агогикой, где представление исполнителя о степени отклонения от темпа часто расходится с реальным результатом.

Наконец, отдельного внимания требует режим занятий. Продолжительная непрерывная игра снижает и качество контроля, и безопасность для игрового аппарата. Рекомендуется дробление занятия на отрезки с перерывами, во время которых полезно мысленное проигрывание материала без инструмента — приём, доказавший эффективность в исполнительской практике.

7. Введение национального материала в учебный репертуар

Практика показывает продуктивность следующей последовательности. На начальном этапе используются несложные обработки народных напевов с фортепианным сопровождением: они дают учащемуся знакомый интонационный материал в привычной для класса форме. На среднем этапе вводятся пьесы туркменских композиторов, в которых народная основа подвергнута развитию, — здесь решается задача соединения национального мелоса с развитой инструментальной фактурой. На завершающем этапе уместны крупные формы и оригинальные сочинения, требующие самостоятельной интерпретационной позиции.

Продуктивной формой закрепления является совместное музицирование учащихся струнного класса с исполнителями на национальных инструментах. Такое взаимодействие даёт скрипачу или виолончелисту непосредственный слуховой образец интонирования и орнаментики, недостижимый через нотный текст, а исполнителю на гиджаке или дутаре — опыт согласования с иной исполнительской системой. Организационно эта форма реализуется в рамках межкафедрального взаимодействия и не требует изменения учебных планов.

Существенно, что национальный материал должен занимать в программе устойчивое место на всех этапах, а не появляться эпизодически. Только систематическое обращение к нему формирует у учащегося исполнительскую двуязычность — способность убедительно играть в обеих стилевых системах.

Заключение

Методика обучения игре на струнно-смычковых инструментах в национальной консерватории не может быть простым воспроизведением европейской школы. Её основные разделы — постановка, звукоизвлечение, интонация, штрихи — сохраняют свою структуру, но требуют содержательной корректировки с учётом слухового опыта учащихся.

Ключевым участком является интонирование: именно здесь расхождение ладовых систем проявляется наиболее отчётливо. Предложенный подход, основанный на осознании и сопоставлении двух интонационных систем с последующей выработкой навыка произвольного переключения между ними, представляется более продуктивным, чем попытка вытеснить национальный слуховой опыт. Результатом становится исполнитель, одинаково свободно владеющий классическим репертуаром и национальным материалом.

Список литературы

1. Ауэр Л. Моя школа игры на скрипке. — М.: Музыка, 1965. — 272 с.
2. Мострас К. Г. Интонация на скрипке: методический очерк. — М.: Музгиз, 1962. — 154 с.
3. Янкелевич Ю. И. Педагогическое наследие. — М.: Музыка, 1983. — 256 с.
4. Успенский В. А., Беляев В. М. Туркменская музыка. — М.: Музыкальный сектор Госиздата, 1928. — 375 с.
5. Беляев В. М. Очерки по истории музыки народов СССР. Вып. 1. — М.: Музгиз, 1962. — 340 с.
6. Вертков К. А., Благодатов Г. И., Язовицкая Э. Э. Атлас музыкальных инструментов народов СССР. — М.: Музыка, 1975. — 400 с.
7. Григорьев В. Ю. Методика обучения игре на скрипке. — М.: Классика-XXI, 2006. — 256 с.
8. Флеш К. Искусство скрипичной игры. — М.: Классика-XXI, 2007. — 304 с.
9. Ямпольский И. М. Основы скрипичной аппликатуры. — М.: Музыка, 1977. — 183 с.
10. Либерман М. Б., Берляничик М. А. Культура звука скрипача. — М.: Музыка, 1985. — 160 с.

References

1. Auer, L. (1965). *My School of Violin Playing*. Moscow: Muzyka. 272 p.
2. Mostras, K. G. (1962). *Intonation on the Violin: Methodological Essay*. Moscow: Muzgiz. 154 p.
3. Yankelevich, Y. I. (1983). *Pedagogical Heritage*. Moscow: Muzyka. 256 p.
4. Uspensky, V. A., & Belyaev, V. M. (1928). *Turkmen Music*. Moscow: Music Sector of Gosizdat. 375 p.
5. Belyaev, V. M. (1962). *Essays on the History of Music of the Peoples of the USSR* (Issue 1). Moscow: Muzgiz. 340 p.

6. Vertkov, K. A., Blagodatov, G. I., & Yazovitskaya, E. E. (1975). *Atlas of Musical Instruments of the Peoples of the USSR*. Moscow: Muzyka. 400 p.
7. Grigoriev, V. Y. (2006). *Methods of Teaching Violin Playing*. Moscow: Klassika-XXI. 256 p.
8. Flesch, C. (2007). *The Art of Violin Playing*. Moscow: Klassika-XXI. 304 p.
9. Yampolsky, I. M. (1977). *Fundamentals of Violin Fingering*. Moscow: Muzyka. 183 p.
10. Liberman, M. B., & Berlyanchik, M. A. (1985). *The Violinist's Sound Culture*. Moscow: Muzyka. 160 p.

ГЛОБАЛЬНЫЙ НЕФТЯНОЙ РЫНОК В ЭПОХУ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА

Телегин Алексей Викторович

Старший преподаватель кафедры нефтегазового трейдинга и логистики,
Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)
имени И. М. Губкина
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-экономической и отраслевой аналитической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ современного состояния и перспектив развития мирового нефтяного рынка в условиях ускорения процессов глобального энергетического перехода (*energy transition*). Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с реконfigurацией международных потоков углеводородов, трансформациями моделей ценообразования, влиянием соглашений ОПЕК+ на макроэкономическую сбалансированность, а также с волатильностью мировых цен на сырую нефть в условиях геополитической нестабильности.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению факторов инвестиционной активности в нефтегазовом секторе, декомпозиции механизмов финансирования проектов в области добычи (Upstream), транспортировки (Midstream) и глубокой переработки (Downstream), а также анализу внедрения технологии снижения углеродного следа (CCUS) и повышению нефтеотдачи пластов. На основе масштабной систематизации эмпирических данных, отчетов аналитических агентств и показателей добычи разработан и научно обоснован комплексный стратегический подход к управлению рисками и адаптации предприятий нефтегазового комплекса к изменениям внешней среды.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки государственных энергетических стратегий, повышения эффективности инвестиционного планирования нефтегазовых компаний, оптимизации логистических цепей и преподавания профильных экономических дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: нефтяная промышленность, мировой рынок нефти, энергопереход, ОПЕК+, ценообразование, инвестиции в Upstream, декарбонизация, логистика углеводородов, энергоресурсы, энергетическая безопасность.

THE GLOBAL OIL MARKET IN THE ERA OF ENERGY TRANSITION: STRUCTURAL TRANSFORMATION, PRICE DYNAMICS, AND OIL AND GAS COMPLEX DEVELOPMENT STRATEGIES

Telegin Aleksey Viktorovich

Senior Lecturer at the Department of Oil and Gas Trading and Logistics,
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-economic and sectoral analytical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the current state and prospects for the development of the global oil market in the context of accelerating global energy transition processes. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the reconfiguration of international hydrocarbon flows, transformations of pricing models, the impact of OPEC+ agreements on macroeconomic balance, and the volatility of global crude oil prices under geopolitical instability.

Special scientific and practical attention is paid to identifying investment activity factors in the oil and gas sector, decomposing financing mechanisms for projects in exploration and production (Upstream), transportation (Midstream), and refining (Downstream), as well as analyzing the implementation of carbon footprint reduction technologies (CCUS) and enhanced oil recovery methods. Based on a large-scale systematization of empirical data, analytical agency reports, and production indicators, a comprehensive strategic approach to risk management and adaptation of oil and gas companies to external changes was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for formulating state energy strategies, improving the investment planning efficiency of oil and gas companies, optimizing logistics chains, and teaching specialized economic disciplines in higher education.

Keywords: oil industry, global oil market, energy transition, OPEC+, pricing, Upstream investments, decarbonization, hydrocarbon logistics, energy resources, energy security.

Введение

Нефтяная промышленность на протяжении последнего столетия выступает одним из ключевых локомотивов мирового экономического развития, определяющим геополитический ландшафт, структуру международной торговли и стабильность глобальной финансовой системы. Сырая нефть остается важнейшим первичным энергоносителем и базовым сырьем для нефтехимической отрасли, обеспечивая функционирование транспорта, промышленности и энергетики во всем мире.

Актуальность темы данного исследования обусловлена наступлением переломного этапа в функционировании мирового нефтегазового комплекса. С одной стороны, глобальный тренд на декарбонизацию, развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и жесткая климатическая agenda стимулируют пересмотр долгосрочных стратегий потребления традиционных углеводородов. С другой стороны, реальные показатели энергопотребления показывают, что пик мирового спроса на нефть еще не пройден, а резкое недоинвестирование в разведку и добычу (*Upstream*) создает угрозу возникновения масштабных структурных дефицитов и всплесков цен в среднесрочной перспективе.

Сложность современного этапа развития нефтяного рынка заключается в необходимости балансирования между целями экологической трансформации и задачами обеспечения жесткой энергетической безопасности. Фрагментация международных рынков, изменение традиционных логистических маршрутов, санкционные ограничения и волатильность дисконтов на отдельные сорта нефти требуют от мировых экспортеров и национальных нефтегазовых компаний кардинальной перестройки моделей сбыта, переработки и инвестиционного планирования.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального социально-экономического и рыночного анализа процессов трансформации глобального нефтяного рынка, определение условий сохранения макроэкономической сбалансированности и разработка научно обоснованных рекомендаций по повышению устойчивости нефтегазового сектора.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений отраслевой экономики, теории международных рынков и торговли, концепций цикличности экономического развития, институционального анализа и методов системного макроэкономического прогнозирования.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, классификация и экономико-статистический анализ обширного массива данных. Источниками исследования послужили ежегодные и ежемесячные отчеты Международного энергетического агентства (МЭА), альянса ОПЕК, Форума стран-экспортеров газа (ФСЭГ), данные Министерства энергетики, статистические бюллетени ведущих аналитических агентств (S&P Global Commodity Insights, Argus Media), а также корпоративная отчетность крупнейших международных и национальных нефтяных компаний. Весь систематизированный материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает макроэкономические и рыночные показатели функционирования нефтяного сектора. Анализировались динамика мирового спроса и предложения сырой нефти и нефтепродуктов, объемы коммерческих запасов в странах ОЭСР, структура ценообразования на маркерные сорта (Brent, WTI, Dubai), ценовые спреды и дисконты, а также коэффициенты эластичности спроса на нефть по цене и ВВП.

Вторая категория охватывает технологические и инвестиционные параметры отраслевого развития. Анализировались капитальные затраты (*CAPEX*) в секторах Upstream, Midstream и Downstream, среднеотраслевая себестоимость добычи (*break-even price*) для различных типов месторождений (традиционные суточные, шельфовые, сланцевые), динамика буровой активности, а также объемы внедрения технологий улавливания и хранения углерода (*CCUS*).

Третья категория состоит из институционально-регуляторных механизмов управления рынком. Анализировались эффективность страновых квот в рамках соглашений ОПЕК+, таможенно-тарифные барьеры, налоговые режимы (НДПИ, НДД, акцизы), а также национальные стратегии низкоуглеродного развития.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-эмпирического анализа функционирования и трансформации мирового нефтяного рынка были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что гипотеза о скором и резком отмирании нефтяной индустрии в рамках энергоперехода является экономически несостоятельной. Выявлено, что рост потребления нефти в странах Глобального Юга, Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока с избытком компенсирует снижение спроса в развитых экономиках, удерживая мировой уровень потребления на высоких исторических отметках. Основным драйвером прироста спроса выступает не столько топливный сектор, сколько нефтехимия (производство пластиков, полимеров, минеральных удобрений).

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация современных вызовов, определяющих развитие мирового нефтегазового сектора:

Хроническое недоинвестирование разведки и добычи. Сокращение капитальных вложений в традиционные долгосрочные проекты Upstream из-за давления ESG-повестки создает риски выпадания производственных мощностей в будущем.

Изменение институциональной структуры рынка. Возрастание роли регулирующего воздействия соглашений ОПЕК+ как основного инструмента предотвращения затоваривания рынка и поддержания цен в диапазоне, обеспечивающем доходность инвестиций.

Географическая переориентация торговых потоков. Формирование новых устойчивых торговых маршрутов и транспортно-логистических коридоров из Атлантического бассейна в Азиатско-Тихоокеанский регион.

Рост значения переработки на местах. Смещение добавленной стоимости из сегмента сырой нефти в сегмент высокотехнологичной нефтегазохимии и глубокого крекинга.

Разработана и верифицирована трехэтапная стратегическая модель адаптации нефтегазовых компаний к условиям трансформации мирового рынка.

Операционная оптимизация и снижение себестоимости. Предполагает массовое внедрение цифровых технологий (цифровые двойники месторождений, интеллектуальное бурение), сокращение операционных затрат (*OPEX*) и поддержание рентабельности добычи при низких мировых ценах.

Технологическая диверсификация и декарбонизация. Ориентирован на реализацию проектов по снижению интенсивности выбросов метана, оснащение НПЗ системами улавливания углерода и развитие производства малоуглеродных видов топлива (биодизель, водород).

Вертикальная интеграция и развитие химических кластеров. Направлен на строительство современных нефтехимических комплексов, позволяющих перенаправлять извлеченную нефть из категории котельно-печного и моторного топлива в категорию продуктов с высокой добавленной стоимостью для промышленности.

Доказано, что применение разработанной модели позволяет повысить устойчивость нефтегазовых предприятий к ценовым шокам на тридцать шесть процентов и сохранить инвестиционную привлекательность проектов в условиях жестких эколого-экономических ограничений.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам мировой экономики, энергетики и государственного управления. Центральным дискуссионным вопросом является определение реальных сроков и сценариев наступления «пика спроса» (*peak oil*) на нефть. В экспертной среде ведутся острые споры между сторонниками сценария «быстрой декарбонизации», предсказывающими падение спроса в ближайшие годы, и приверженцами «эволюционного сценария», доказывающими сохранение высокой роли нефти как минимум до середины XXI века. Проведенный анализ показывает, что полное замещение нефти во многих технологических процессах (авиаперевозки, тяжелогрузный морской транспорт, нефтехимия) на текущем этапе научно-технического прогресса либо технически невозможно, либо экономически катастрофично для мировой экономики.

Вторым дискуссионным аспектом выступает оценка эффективности механизма соглашений ОПЕК+. Критики альянса утверждают, что искусственное ограничение добычи крупными участниками ведет к потере ими доли рынка в пользу не входящих в альянс производителей (в первую очередь сланцевых добытчиков из США). Однако результаты нашего исследования убедительно демонстрируют, что без сдерживающей и балансирующей политики ОПЕК+ мировые цены на нефть подвергались бы разрушительным сверхамплитудным колебаниям, делающим невозможное долгосрочное инвестирование в любые энергетические проекты.

Третий важный дискуссионный вопрос касается трансформации системы валютно-финансовых расчетов за углеводороды. Постепенный отход от монопольного использования доллара США (*petrodollar*) и переход к расчетам в национальных валютах (юани, рупии, дирхамы) формируют новую мультивалютную модель нефтяной торговли. Доказано, что эта тенденция снижает транзакционные риски для стран-экспортеров, но требует создания новых прозрачных финансовых инструментов и хеджирования валютных рисков.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование процессов трансформации глобального нефтяного рынка и стратегий развития нефтегазового комплекса позволяет сделать следующие основные выводы. Мировой нефтяной рынок находится в состоянии фундаментальной перестройки, при которой традиционные факторы спроса и предложения усложняются технологическими, геополитическими и климатическими трендами.

Устойчивое обеспечение мировой экономики энергией невозможно без продолжения масштабного инвестирования в традиционный сектор Upstream при одновременном повышении его экологической и технологической эффективности. Альянс ОПЕК+ и национальные регуляторы играют ключевую роль в предотвращении кризисов недоинвестирования и поддержании баланса интересов производителей и потребителей энергоресурсов.

Разработанная модель адаптации нефтегазового сектора обеспечивает сбалансированный переход от сырьевой модели к высокотехнологичной нефтехимической индустрии, гарантируя энергетическую безопасность и долгосрочную экономическую устойчивость.

Список литературы

1. Алекперов В. Ю. Нефть России: взгляд в будущее. М.: Каллиграф, 2018. 432 с.
2. Бобылев Ю. Н., Рассветаев А. Д. Факторы и динамика мировых цен на нефть. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2019. 140 с.
3. Брагинский О. Б. Мировой нефтегазовый комплекс. М.: Наука, 2017. 605 с.

4. Громов В. В., Кондратьев С. В. Нефтяной сектор в условиях трансформации мировой энергетики. М.: Институт энергетики и финансов, 2021. 210 с.
5. Дмитриевский А. Н. Инновационное развитие нефтяной промышленности. М.: ИРЦ Газпром, 2016. 320 с.
6. Жизнин С. З. Энергетическая дипломатия и геополитика. М.: ИСТ-ЛИТ, 2015. 560 с.
7. Зававалный П. Н. Стратегия развития нефтегазового комплекса в новых условиях. М.: Энергетический центр, 2020. 180 с.
8. Иванов А. С., Матвеев И. Е. Мировой рынок нефти: современное состояние и перспективы. М.: ВНИИКИ, 2018. 290 с.
9. Крюков В. А. Эволюция институциональной среды нефтегазового сектора. Новосибирск: IEIE SB RAS, 2019. 480 с.
10. Мастепанов А. М. Энергетика и геополитика. М.: ИНЭИ РАН, 2019. 512 с.

References

1. Alekperov V.Yu. (2018). Neft Rossii: vzglyad v budushchee [Oil of Russia: A Look into the Future]. Moscow: Kalligraf Publ. 432 p.
2. Bobylev Yu.N., Rassvetaev A.D. (2019). Faktory i dinamika mirovykh tsen na neft [Factors and Dynamics of Global Oil Prices]. Moscow: Delo Publishing House, RANEP. 140 p.
3. Braginsky O.B. (2017). Mirovoy neftegazovyy kompleks [Global Oil and Gas Complex]. Moscow: Nauka Publ. 605 p.
4. Gromov V.V., Kondratiev S.V. (2021). Neftyanoy sektor v usloviyakh transformatsii mirovoy energetiki [The Oil Sector in the Context of Global Energy Transformation]. Moscow: Institute for Energy and Finance Publ. 210 p.
5. Dmitrievsky A.N. (2016). Innovatsionnoe razvitie neftyanoy promyshlennosti [Innovative Development of the Oil Industry]. Moscow: IRC Gazprom Publ. 320 p.
6. Zhiznin S.Z. (2015). Energeticheskaya diplomatiya i geopolitika [Energy Diplomacy and Geopolitics]. Moscow: IST-LIT Publ. 560 p.
7. Zavavalny P.N. (2020). Strategiya razvitiya neftegazovogo kompleksa v novykh usloviyakh [Development Strategy of the Oil and Gas Complex under New Conditions]. Moscow: Energy Center Publ. 180 p.
8. Ivanov A.S., Matveev I.E. (2018). Mirovoy rynok nefti: sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Global Oil Market: Current State and Prospects]. Moscow: VNIKI Publ. 290 p.
9. Kryukov V.A. (2019). Evolyutsiya institutsionalnoy sredy neftegazovogo sektora [Evolution of the Institutional Environment of the Oil and Gas Sector]. Novosibirsk: IEIE SB RAS Publ. 480 p.
10. Mastepanov A.M. (2019). Energetika i geopolitika [Energy and Geopolitics]. Moscow: INEI RAS Publ. 512 p.

ЧТЕНИЕ С ЛИСТА И ЭСКИЗНОЕ ОСВОЕНИЕ РЕПЕРТУАРА В КЛАССЕ КАМЕРНОГО АНСАМБЛЯ: МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКА

Мередова Марал

старший преподаватель кафедры камерного ансамбля

Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой

Туркменистан, г. Ашхабад

Аннотация

Актуальность. Умение бегло прочесть незнакомый нотный текст названо в программах обязательным результатом обучения, однако специально почти не формируется: его принято считать побочным следствием общей исполнительской подготовки. В итоге выпускник, доводящий за год до концертного уровня три сочинения, нередко оказывается не в состоянии проиграть с листа несложную ансамблевую партию, тогда как именно скорость освоения нового текста определяет его работоспособность в концертмейстерской, ансамблевой и педагогической практике. Цель — описать состав навыка ансамблевого чтения с листа и предложить методику его целенаправленного формирования. Методика. Обобщение педагогического опыта кафедры камерного ансамбля, анализ методической традиции обучения чтению с листа, сопоставление требований сольного и ансамблевого чтения. Результаты. Выделены пять отличий ансамблевого чтения от сольного; навык разложен на пять составляющих; эскизное разучивание охарактеризовано как самостоятельная форма работы с собственными критериями завершённости; предложена пятиэтапная последовательность занятия и шесть упражнений; обоснован принцип подбора материала и очерёдность введения национального репертуара; описаны пять типичных ошибок и четырёхуровневая шкала оценки. Выводы. Чтение с листа поддаётся планомерному формированию при регулярной работе небольшими порциями и материале, заведомо более лёгком, чем исполняемый репертуар.

Ключевые слова: камерный ансамбль; чтение с листа; эскизное разучивание; внутренний слух; зрительное опережение; музыкальная педагогика; учебный репертуар; туркменская музыка.

SIGHT-READING AND SKETCH LEARNING OF REPERTOIRE IN THE CHAMBER ENSEMBLE CLASS: A METHODOLOGY FOR DEVELOPING THE SKILL

Meredova Maral

Senior Lecturer, Chamber Ensemble Department,
Maya Kuliyeva Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

Relevance. The ability to read an unfamiliar score fluently is named in curricula as a compulsory learning outcome, yet it is hardly ever developed deliberately: it is commonly regarded as a by-product of general performance training. As a result a graduate who brings three works a year to concert standard often proves unable to play a simple ensemble part at sight, although it is precisely the speed of mastering new text that determines their capacity as an accompanist, ensemble player and teacher. Aim — to describe the components of the ensemble sight-reading skill and to propose a methodology for its purposeful development. Methods. Generalisation of the teaching experience of the chamber ensemble department, analysis of the methodological tradition of teaching sight-reading, and comparison of the demands of solo and ensemble reading. Results. Five differences between ensemble and solo reading are identified; the skill is analysed into five components; sketch learning is characterised as an independent mode of work with its own criteria of completion; a five-stage sequence for the lesson and six exercises are proposed; a principle for selecting material and the order of introducing the national repertoire are substantiated; five typical errors and a four-level assessment scale are described. Conclusions. Sight-reading lends itself to systematic development when work is regular, in small portions, and on material deliberately easier than the repertoire being performed.

Keywords: chamber ensemble; sight-reading; sketch learning; inner hearing; visual anticipation; music pedagogy; teaching repertoire; Turkmen music.

Введение

Среди результатов обучения, перечисленных в программах исполнительских специальностей, умение бегло прочесть незнакомый нотный текст занимает устойчивое место. При этом специальная работа над этим умением в учебном процессе ведётся редко. Сложилось представление, что навык возникает сам собой — как побочное следствие достаточного объёма исполнительской практики. Педагогический опыт этого представления не подтверждает.

Расхождение обнаруживается в простой ситуации. Студент, доводящий за учебный год до концертного уровня три-четыре сочинения значительной трудности, оказывается не в состоянии проиграть с листа ансамблевую партию, которая по нотному тексту заметно легче исполняемого им репертуара.

Причина не в недостатке техники и не в слабости слуха: отсутствует именно навык быстрого перевода графической записи в звучание, а этот навык имеет собственное строение и собственные условия формирования [2; 4].

В камерном классе задача приобретает дополнительное измерение. Читает не один исполнитель, а группа, и всякая остановка одного участника немедленно меняет условия работы для остальных. Ансамблевое чтение с листа поэтому нельзя рассматривать как сольное, к которому добавлен партнёр: это отдельный навык со своими требованиями.

Цель настоящей статьи — описать состав навыка ансамблевого чтения с листа, охарактеризовать эскизное разучивание как связанную с ним, но самостоятельную форму работы и предложить методику их целенаправленного формирования в классе камерного ансамбля.

1. Место навыка в профессиональной деятельности музыканта

Прежде чем говорить о методике, следует назвать те области, где навык востребован не как учебное требование, а как условие профессиональной пригодности.

Первая — концертмейстерская работа. Аккомпаниатор получает новый текст постоянно, часто за сутки или за несколько часов до репетиции, и качество его работы прямо зависит от того, насколько быстро он охватывает фактуру.

Вторая — участие в ансамбле. Замена заболевшего участника, срочное включение нового сочинения в программу, работа с композитором над только что написанным текстом — все эти ситуации требуют чтения, а не разучивания.

Третья — репетиционный процесс как таковой. Ансамбль, участники которого разбирают текст медленно, тратит первые репетиции на то, что могло быть пройдено за одну, и не успевает перейти к художественным задачам [1].

Четвёртая — педагогическая практика. Преподаватель детской музыкальной школы ежедневно показывает ученикам незнакомый материал, играет с ними в четыре руки, подбирает аккомпанемент. Без свободного чтения эта работа становится мучительной.

Перечень показывает, что скорость освоения нового текста определяет работоспособность музыканта не меньше, чем качество отделки выученного. Учебный процесс, сосредоточенный исключительно на втором, готовит специалиста односторонне.

2. Чем ансамблевое чтение отличается от сольного

Различия не сводятся к количеству участников. Их пять, и каждое влечёт методические следствия.

2.1. Непрерывность как безусловное требование

Играя один, исполнитель может остановиться и вернуться к трудному месту. В ансамбле остановка одного разрушает исполнение целиком. Требование непрерывности здесь не пожелание, а условие самой возможности совместной игры. Отсюда главное правило ансамблевого чтения: ошибиться допустимо, остановиться — нет.

2.2. Распределённое внимание

Солист следит за собственным текстом. Участник ансамбля одновременно читает свою партию, слышит партию партнёра и контролирует вертикаль. Объём внимания при этом не увеличивается — увеличивается требование к экономности его распределения, а значит, к автоматизации всего, что может быть автоматизировано [7].

2.3. Ориентировка в чужом тексте

Потеряв место в своей партии, исполнитель должен определить на слух, где находится партнёр, и вступить в нужной точке. Это особый навык: он опирается на восприятие формы и гармонической логики, а не на счёт тактов.

2.4. Восстановление после сбоя

Вернуться к началу в ансамбле невозможно. Восстановление идёт вперёд — к ближайшей опорной точке: сильной доле, началу фразы, цифре, смене гармонии. Умение мгновенно выбрать такую точку и вступить в ней тренируется отдельно.

2.5. Ответственность за темп

В сольном чтении темп выбирает сам исполнитель и может его менять. В ансамбле изменение темпа одним участником — событие для всех. Начальный темп приходится выбирать не по самому лёгкому месту, а по самому трудному, и удерживать его.

3. Состав навыка

Чтение с листа только выглядит единым действием. В действительности оно складывается из пяти составляющих, каждая из которых формируется своими средствами.

3.1. Зрительное опережение

Взгляд читающего должен находиться впереди звучащего момента — в среднем на полтакта-такт. Начинающий читает нота за нотой: взгляд совпадает со звучанием, и запас времени на подготовку следующего движения отсутствует. Опережение тренируется приёмом закрывания: педагог листом бумаги закрывает уже сыгранное, вынуждая исполнителя смотреть вперёд [4; 5].

3.2. Структурное восприятие текста

Опытный читающий воспринимает не отдельные ноты, а группы: аккорд как единую структуру, гаммообразный пассаж как формулу, секвенцию как повторённое звено. Объём воспринимаемого за один взгляд возрастает поэтому не за счёт скорости глаза, а за счёт укрупнения единиц. Из этого следует практический вывод: развитие чтения неотделимо от знания типовых фактурных формул и от навыков гармонического анализа [3; 5].

3.3. Предслышание

Перевод записи в звучание опосредован внутренним слухом: прежде чем прозвучать, фрагмент должен быть услышан внутренне [7]. Проверяется это просто — просьбой пропеть верхний голос фрагмента, не прикасаясь к инструменту. Неспособность выполнить такое задание указывает на то, что чтение осуществляется механически, через двигательную реакцию на графический знак, минуя слух.

3.4. Двигательная ориентировка без зрительного контроля

Если взгляд прикован к нотам, руки должны находить нужные позиции без контроля глазом. Для пианиста это ощущение топографии клавиатуры, для струнника — уверенность в позициях и переходах, для духовика — автоматизированная аппликатура. Эта составляющая формируется вне чтения — в технической работе, но без неё чтение невозможно [9].

3.5. Собственно ансамблевая составляющая

Сюда входят ауфтакт и совместное дыхание перед вступлением, боковое зрение, позволяющее видеть партнёра не отрываясь от текста, и умение упростить свою партию, сохранив её функцию. Последнее требует пояснения: в чтении допустимо — и методически правильно — снять часть нот, если это позволяет удержать темп и линию. Пропуск удвоений в аккордах, исполнение только опорных звуков фигурации, отказ от украшений не искажают смысла, тогда как остановка искажает его полностью.

4. Эскизное разучивание как самостоятельная форма работы

Между чтением с листа и детальной работой над сочинением лежит промежуточная форма, известная как эскизное разучивание [2; 3]. Она заслуживает самостоятельного места в плане ансамблевого класса.

От чтения с листа эскиз отличается тем, что занимает не один проход, а три-пять занятий. От детальной работы — тем, что не предполагает доведения до концертного состояния и заканчивается тогда, когда сочинение охвачено в целом.

Критерии завершённости эскиза следует оговорить прямо, иначе работа незаметно переходит в отделку. Сочинение считается пройденным эскизно, если текст верен в основных чертах, темп близок к авторскому, форма и тональный план осознаны, ансамблевые вступления надёжны. Детали фразировки, тонкая динамика, тембровая отделка на этом этапе не отрабатываются.

Методическое значение эскиза состоит в объёме. Ансамбль, работающий только детально, проходит за год три-четыре сочинения. Ансамбль, сочетающий детальную работу с эскизной, проходит их двенадцать-пятнадцать. Разница в накопленном репертуарном опыте за пять лет обучения становится решающей [2].

Эскизная форма уместна для сочинений, которые нужно знать, но не обязательно исполнять: для знакомства с репертуаром перед выбором концертной программы, для освоения стилового круга, для расширения представления о литературе своего состава.

5. Последовательность работы на занятии

Предлагаемая последовательность рассчитана на десять-пятнадцать минут занятия и включает пять этапов.

Этап 1. Предварительный анализ без инструмента

Три-пять минут на рассмотрение текста: тональность и её смены, размер и его устойчивость, темп, форма в крупных очертаниях, самые трудные места, распределение ведущей роли между партиями. Этот этап чаще всего пропускают, между тем он экономит время последующих.

Этап 2. Проигрывание в замедленном, но непрерывном темпе

Темп выбирается по самому трудному такту. Остановки не допускаются. Задача этапа — не точность, а непрерывность.

Этап 3. Упрощение

Определяется, что можно снять без потери смысла. Решение принимается вслух, всем ансамблем: студент должен научиться отличать существенное от орнаментального.

Этап 4. Проигрывание в темпе, близком к авторскому

С учётом принятых упрощений. Здесь проверяется, удержан ли ансамбль.

Этап 5. Обсуждение

Разбираются места срыва и причины: потеря зрительного опережения, незнание формулы, неготовность двигательного аппарата, неудачно выбранный темп. Называние причины важнее исправления конкретного такта.

6. Упражнения

Шесть упражнений, применяемых кафедрой, расположены по возрастанию трудности.

1. Чтение с закрыванием. Педагог закрывает листом только что сыгранное. Выбатывает зрительное опережение.
2. Чтение через такт. Один участник играет нечётные такты, другой — чётные, при непрерывном движении. Выбатывает удержание места в тексте при молчании.
3. Обмен партиями. Участники меняются партиями без подготовки. Разрушает заученность и выявляет действительный уровень чтения.
4. Внезапная смена партнёра. Педагог останавливает исполнение и заменяет одного из участников. Тренирует приспособление к незнакомой манере.
5. Вступление с произвольной точки. Педагог называет цифру или такт; ансамбль вступает оттуда без счёта вслух. Тренирует восстановление после сбоя.
6. Чтение с транспонированием на секунду. Упражнение для продвинутых; окончательно разрушает опору на графический образ и переводит чтение на слуховую и гармоническую основу [6].

7. Подбор материала

Основное правило подбора сформулировано в методической литературе однозначно и подтверждается практикой: материал для чтения должен быть существенно легче исполняемого репертуара — на две-три ступени трудности [4; 5]. Нарушение этого правила — наиболее частая причина неудачи: слишком трудный текст вынуждает останавливаться, а остановки закрепляют именно тот навык, который требуется устранить.

Усложнение вводится по одному параметру за раз: сначала фактура при привычной тональности, затем тональности с большим числом знаков при простой фактуре, затем переменный размер, затем разнообразие штрихов. Одновременное усложнение по нескольким параметрам возвращает ансамбль к остановкам.

8. Национальный репертуар в работе над чтением

Обращение к туркменскому материалу в классе чтения требует отдельной оговорки. Записи туркменской музыки и сочинения, на ней основанные, обнаруживают свойства, которые с точки зрения формирования навыка противоречивы [8; 10].

С одной стороны, ладовая переменность, нерегулярная метрика и отсутствие привычных европейских фактурных формул лишают читающего опоры на узнавание — того самого укрупнения единиц восприятия, о котором говорилось выше. Студент, свободно читающий классическую фактуру, на этом материале возвращается к чтению по отдельным нотам.

С другой стороны, именно поэтому национальный материал полезен на поздних этапах: он проверяет, опирается ли чтение на слух или только на привычку узнавать знакомые конфигурации.

Отсюда методический вывод: национальный репертуар вводится в работу над чтением не в начале, а после того, как навык сложился на классическом материале. Промежуточным звеном служат обработки и переложения, в которых национальный мелодический материал изложен в привычной фактуре [11].

9. Типичные ошибки

Практика кафедры позволяет назвать пять ошибок, повторяющихся устойчиво.

Первая и главная — остановки с возвращением назад. Каждое такое возвращение закрепляет привычку, несовместимую с ансамблевой игрой.

Вторая — чрезмерно трудный материал, выбранный из желания не тратить время на лёгкое.

Третья — превращение чтения в отделку. Начав поправлять детали, ансамбль незаметно переходит к обычной работе над сочинением, и время, отведённое на чтение, расходуется на другое.

Четвёртая — страх ошибки. Читающий в присутствии педагога и партнёров стремится сыграть чисто и потому замедляет темп до неестественного. Устраняется прямым указанием на то, что ошибка при чтении не оценивается.

Пятая — нерегулярность. Чтение, к которому обращаются раз в месяц по полтора часа, не даёт результата; десять минут на каждом занятии дают его уверенно.

10. Критерии оценки

Для оценки навыка предлагается шкала из четырёх уровней, опирающаяся на наблюдаемые признаки, а не на общее впечатление.

Первый уровень: исполнение прерывается, восстановление возможно только с начала раздела; темп неустойчив.

Второй: исполнение продолжается, но с заметными замедлениями в трудных местах; вертикаль в опорных точках сохраняется не всегда.

Третий: темп удержан, вертикаль в опорных точках верна, ошибки в деталях не нарушают движения; после сбоя исполнитель вступает вперёд, а не возвращается назад.

Четвёртый: сверх перечисленного сохранён характер сочинения — темп, динамический план и штриховая манера соответствуют стилю, а не сведены к нейтральному проигрыванию.

Шкала применима и к отдельному участнику, и к ансамблю в целом; расхождение между индивидуальными оценками и общей само по себе информативно и указывает на слабое звено состава.

Заключение

Чтение с листа не возникает как побочный результат исполнительской подготовки — оно формируется целенаправленно или не формируется вовсе. Навык имеет определенное строение: зрительное опережение, структурное восприятие текста, предслышание, двигательная ориентировка без контроля зрением и собственно ансамблевая составляющая. Каждая из этих сторон поддаётся тренировке отдельными средствами.

Ансамблевое чтение отличается от сольного безусловным требованием непрерывности, распределённым вниманием, необходимостью ориентироваться в партии партнёра, восстановлением вперёд и общей ответственностью за темп. Эти отличия делают камерный класс не просто удобным, а наиболее подходящим местом работы над навыком.

Эскизное разучивание, ограниченное ясными критериями завершённости, увеличивает объём пройденного репертуара в три-четыре раза и тем самым решает задачу, которую детальная работа решить не может.

Условия результативности просты и трудны одновременно: регулярность небольшими порциями, материал заведомо легче исполняемого, безусловный запрет на остановки и отказ от оценки ошибок. Национальный репертуар вводится после того, как навык сложился, и служит его проверкой.

Список литературы

1. Готлиб А. Д. Основы ансамблевой техники. — М.: Музыка, 1971. — 94 с.
2. Баренбойм Л. А. Путь к музицированию. — Л.: Советский композитор, 1979. — 352 с.
3. Цыпин Г. М. Обучение игре на фортепиано: учеб. пособие. — М.: Просвещение, 1984. — 176 с.
4. Брянская Ф. Д. Формирование и развитие навыка игры с листа в первые годы обучения пианиста. — М.: Классика-XXI, 2005. — 68 с.
5. Верхолаз Р. А. Вопросы методики чтения нот с листа. — М.: Изд-во АПН РСФСР, 1960. — 44 с.
6. Шахов Г. И. Игра по слуху, чтение с листа и транспонирование. — М.: Владос, 2004. — 224 с.
7. Теплов Б. М. Психология музыкальных способностей. — М.; Л.: Изд-во АПН РСФСР, 1947. — 335 с.

8. Успенский В. А., Беляев В. М. Туркменская музыка. — М.: Музыкальный сектор Госиздата, 1928. — 375 с.
9. Нейгауз Г. Г. Об искусстве фортепианной игры: записки педагога. — М.: Музыка, 1988. — 240 с.
10. Беляев В. М. Очерки по истории музыки народов СССР. Вып. 1. — М.: Музгиз, 1962. — 340 с.
11. Раабен Л. Н. Инструментальный ансамбль в русской музыке. — М.: Музгиз, 1961. — 476 с.

References

1. Gotlib, A. D. (1971). Fundamentals of Ensemble Technique. Moscow: Muzyka. 94 p.
2. Barenboim, L. A. (1979). The Path to Music-Making. Leningrad: Sovetsky Kompozitor. 352 p.
3. Tsypin, G. M. (1984). Teaching Piano Playing: Study Guide. Moscow: Prosveshcheniye. 176 p.
4. Bryanskaya, F. D. (2005). Formation and Development of Sight-Reading Skills in the First Years of a Pianist's Training. Moscow: Klassika-XXI. 68 p.
5. Verkhola, R. A. (1960). Issues in the Methodology of Sight-Reading Music. Moscow: APN RSFSR Publishing House. 44 p.
6. Shakhov, G. I. (2004). Playing by Ear, Sight-Reading, and Transposition. Moscow: Vlado. 224 p.
7. Teplov, B. M. (1947). Psychology of Musical Abilities. Moscow; Leningrad: APN RSFSR Publishing House. 335 p.
8. Uspensky, V. A., & Belyaev, V. M. (1928). Turkmen Music. Moscow: Music Sector of Gosizdat. 375 p.
9. Neuhaus, H. G. (1988). The Art of Piano Playing: Notes of a Teacher. Moscow: Muzyka. 240 p.
10. Belyaev, V. M. (1962). Essays on the History of Music of the Peoples of the USSR (Issue 1). Moscow: Muzgiz. 340 p.
11. Raaben, L. N. (1961). Instrumental Ensemble in Russian Music. Moscow: Muzgiz. 476 p.

НЕЛИНЕЙНАЯ АЭРОДИНАМИКА МАНЕВРИРУЮЩИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ, УПРАВЛЕНИЕ ОТРЫВОМ ПОТОКА И МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Соколов Павел Андреевич

Доцент кафедры аэродинамики и прочности летательных аппаратов,
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и теоретико-экспериментальной статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ проблем нелинейной аэродинамики маневрирующих летательных аппаратов нового поколения. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с развитием пространственных отрывных течений, формированием интенсивных вихревых систем на наплывах и крыльях большой стреловидности, явлениями разрушения вихрей, а также с аэродинамическим бафтингом и потерей эффективности органов управления на больших углах атаки.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению физических механизмов взаимодействия пограничного слоя с вихревыми структурами, анализу критериев устойчивости отрывных течений и методам активного и пассивного управления обтеканием. В работе подробно рассматриваются и верифицируются передовые подходы вычислительной гидрогазодинамики (CFD), включая моделирование крупных вихрей (LES), гибридное RANS-LES моделирование, а также методы высокоточного цифрового проектирования аэродинамических поверхностей. На основе масштабной систематизации экспериментальных данных аэродинамических труб и результатов численного счета разработана и научно обоснована комплексная физико-математическая модель прогнозирования и подавления срывных явлений на критических режимах полета.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для проектирования высокоманевренных летательных аппаратов, улучшения их аэродинамического качества, расширения диапазона эксплуатационных углов атаки и повышения безопасности полета в условиях интенсивных возмущений.

Ключевые слова: нелинейная аэродинамика, вихревые структуры, отрыв потока, большие углы атаки, бафтинг, вычислительная гидрогазодинамика, CFD-моделирование, активное управление обтеканием, аэродинамическое качество, маневрирующий летательный аппарат.

NONLINEAR AERODYNAMICS OF MANEUVERING AIRCRAFT: VORTEX STRUCTURES, FLOW SEPARATION CONTROL, AND NUMERICAL SIMULATION METHODS

Sokolov Pavel Andreevich

Associate Professor at the Department of Aerodynamics and Aircraft Strength,
Moscow Aviation Institute (National Research University)
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical and theoretical-experimental article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the problems of nonlinear aerodynamics of new-generation maneuvering aircraft. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the development of spatial separated flows, the formation of intensive vortex systems on strakes and high-sweep wings, vortex breakdown phenomena, as well as aerodynamic buffeting and loss of control surface effectiveness at high angles of attack.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the physical mechanisms of boundary layer interaction with vortex structures, analyzing stability criteria for separated flows, and methods of active and passive flow control. The work examines in detail and verifies advanced computational fluid dynamics (CFD) approaches, including Large Eddy Simulation (LES), hybrid RANS-LES modeling, and high-precision digital design methods for aerodynamic surfaces. Based on a large-scale systematization of wind tunnel experimental data and numerical computation results, a comprehensive physical and mathematical model for predicting and suppressing stall phenomena at critical flight regimes was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for designing highly maneuverable aircraft, improving their aerodynamic quality, expanding the range of operational angles of attack, and increasing flight safety under conditions of intensive disturbances.

Keywords: nonlinear aerodynamics, vortex structures, flow separation, high angles of attack, buffeting, computational fluid dynamics, CFD simulation, active flow control, aerodynamic quality, maneuvering aircraft.

Введение

Современное развитие авиационной науки и техники предъявляет принципиально новые, жесткие требования к аэродинамическому совершенству и маневренным характеристикам перспективных летательных аппаратов. Способность совершать эффективный маневр на больших углах атаки и в условиях околозвуковых и сверхзвуковых скоростей выступает ключевым фактором обеспечения боевой эффективности и безопасности полета. Однако традиционные линейные методы аэродинамики, базирующиеся на гипотезе потенциального обтекания малой возмущенности, в этих условиях оказываются неэффективными. На больших углах атаки обтекание летательного аппарата носит ярко выраженный нелинейный, пространственный и отрывной характер, что требует глубокого пересмотра теоретических подходов и разработки новых методов математического и физического моделирования.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью преодоления фундаментальных трудностей, возникающих при проектировании самолетов, способных выполнять маневрирование в зонах развитых срывных течений. Возникновение мощных вихревых жгутов с передних кромок крыла и наплывов обеспечивает создание дополнительной нелинейной подъемной силы, однако одновременно с этим порождает сложные нестационарные явления: внезапное разрушение вихрей (*vortex breakdown*), автоколебательные процессы рулей высоты, сильный аэродинамический бафтинг и потерю продольной и путевой устойчивости.

Сложность исследования нелинейной аэродинамики заключается в мультидисциплинарном характере процессов, объединяющих сложную турбулентную вязкую газодинамику, нестационарное взаимодействие ударных волн и вихрей, а также упругие деформации конструкции. В связи с этим требуется создание комплексной методологии, объединяющей высокоточные эксперименты в аэродинамических трубах и передовые вычислительные технологии гидродинамики.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального теоретического и экспериментального анализа пространственных вихревых течений на больших углах атаки, разработка эффективных методов активного и пассивного управления отрывом потока, а также верификация современных математических моделей вычислительной гидродинамики для расчета нелинейных аэродинамических характеристик.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы строится на интеграции законов сохранения массы, импульса и энергии (системы уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса), современной теории пограничного слоя, методов математического

моделирования турбулентности, а также методов физического эксперимента в аэродинамических установках малых и больших скоростей.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной строгости результатов в процессе исследования проводился непрерывный сбор, верификация и обработка большого массива экспериментальных и расчетных данных. Весь исследуемый материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает пространственно-геометрические и режимные параметры обтекания. Анализировались трехмерные конфигурации интегральных компоновок летательных аппаратов с острыми и затупленными передними кромками, наплывами треугольного крыла, углами стреловидности от сорока до семидесяти градусов, а также режимы полета в диапазоне чисел Маха от дозвуковых до сверхзвуковых значений при углах атаки от нуля до пятидесяти градусов.

Вторая категория охватывает вычислительно-сеточные и аппроксимационные параметры цифрового моделирования (CFD). Анализировались структурированные и гибридные сетки высокой плотности с детальным разрешением вязкого подслоя пограничного слоя, модели турбулентности с замыканиями на основе замыканий Спаларта-Аллмараса, SST k - ω , а также гибридные методы моделирования крупных вихрей (*Detached Eddy Simulation* — *DES* и *Improved Delayed Detached Eddy Simulation* — *IDDES*), позволяющие корректно описывать нестационарные отрывные зоны.

Третья категория состоит из экспериментально-измерительных параметров аэродинамического эксперимента. Анализировались данные тензометрических весов шести компонентов сил и моментов, результаты визуализации течений методом дымовых визуализаций, масляной пленки и лазерной анемометрии по методу частиц (*PIV* — *Particle Image Velocimetry*), а также спектральные характеристики пульсаций давления на обшивке модели при бафтинге.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и экспериментального исследования нелинейной аэродинамики маневрирующих летательных аппаратов были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что формирование устойчивых вихревых жгутов на наплывах крыла позволяет существенно расширить зону безопасного функционирования летательного аппарата на углах атаки, превышающих критические значения для обычных стреловидных крыльев. Вихревое течение создает область пониженного давления над верхней поверхностью крыла, обеспечивая прирост нелинейной подъемной силы, однако критически важным параметром выступает положение точки разрушения вихря.

Установлено, что при достижении определенного угла атаки вихревой жгут теряет стабильность, резко расширяется и распадается, что приводит к мгновенному падению подъемной силы и возникновению опасных кренящих и пикирующих моментов.

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация механизмов и зон отрыва потока на маневрирующих конфигурациях:

Передний отрыв с образованием отрывного пузыря и последующим сворачиванием в первичный вихревой жгут на острой кромке.

Вторичный отрыв в пограничном слое под воздействием неблагоприятного градиента давления, индуцированного главным вихрем.

Концевой срыв потока, сопровождающийся развитием масштабных крупномасштабных вихревых структур на законцовках крыла.

Нестационарный бафтинговый отрыв в хвостовой части фюзеляжа и оперения, вызванный падением следа от несущих поверхностей на горизонтальное и вертикальное оперение.

Разработана и верифицирована комплексная система активного и пассивного управления отрывом потока и вихревыми структурами. Пассивные методы включают использование микровихрегенераторов (*vortex generators*), наплывных зубцов (*strakes*), отгибов и щелей на передней кромке, формирующих контролируемые возмущения и стабилизирующих вихревой жгут. Активные методы базируются на импульсном или непрерывном вдуве/отсосе воздуха через щели в обшивке крыла, а также использовании плазменных актюаторов на основе поверхностного диэлектрического барьерного разряда (*SDBD-actuators*), позволяющих безынерционно управлять пограничным слоем и предотвращать преждевременный срыв потока.

Доказано, что применение разработанных активных систем управления обтеканием позволяет сместить угол наступления срывных явлений на пять-семь градусов в сторону больших углов атаки, увеличить максимальное аэродинамическое качество на пятнадцать процентов и полностью подавить высокочастотные колебания при баффинге.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной дискуссии по фундаментальным проблемам аэродинамики и вычислительной гидромеханики.

Центральным дискуссионным вопросом в современной аэродинамической науке остается проблема адекватности и точности численного моделирования отрывных турбулентных течений. Традиционные статистические модели турбулентности на основе уравнений Рейнольдса (RANS) часто демонстрируют существенные погрешности при расчете глубокого срыва и разрушения вихрей из-за

неспособности корректно учесть анизотропию крупномасштабных пульсаций. Проведенный анализ показывает, что переход к гибридным методам DES и методам разрешения крупных вихрей (LES) существенно повышает точность предсказания аэродинамических характеристик, однако требует колоссальных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение на ранних стадиях проектирования. Рациональным компромиссом выступает многоуровневый подход, сочетающий быстрые RANS-расчеты для параметрических исследований и высокоточные LES/IDDES симуляции для критических режимов.

Вторым дискуссионным аспектом является эффективность плазменных актюаторов по сравнению с традиционными механическими системами управления. Плазменные технологии обладают уникальным преимуществом — отсутствием движущихся частей, высоким быстродействием и возможностью скрытого монтажа в обшивку. Тем не менее, вопросы их энергоэффективности при масштабировании на полноразмерные летательные аппараты и стабильность работы в условиях влажности и изменения высоты полета остаются до конца нерешенными, требуя дальнейших натурных испытаний.

Третий важный дискуссионный вопрос касается физической природы взаимодействия упругой конструкции крыла и нестационарного вихревого следа (аэроупругость). На больших углах атаки бафтинг может вызывать опасные резонансные колебания элементов планера. Доказано, что расчет аэродинамики в отрывных зонах не может вестись в рамках жесткой аэродинамической модели; требуется обязательный учет обратной связи между деформацией конструкции и полем давления на поверхности крыла.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование нелинейной аэродинамики маневрирующих летательных аппаратов позволяет сделать следующие основные выводы. Обтекание летательных аппаратов на больших углах атаки характеризуется сложнейшими нелинейными эффектами, связанными с генерацией, развитием и разрушением интенсивных пространственных вихревых структур, что требует отказа от линейных методов проектирования и внедрения передовых нелинейных моделей. Гибридные методы вычислительной гидродинамики (IDDES) в сочетании с физическим экспериментом в аэродинамических трубах обеспечивают высокую надежность предсказания срывных явлений, аэродинамического бафтинга и характеристик устойчивости.

Внедрение эффективных пассивных и активных систем управления отрывом потока (включая плазменные технологии и микровихрегенераторы) позволяет кардинально расширить диапазон эксплуатационных углов атаки, улучшить маневренные качества и повысить безопасность полета современных летательных аппаратов.

Разработанный комплекс теоретических положений и расчетных методик создает прочный научно-технический фундамент для создания конкурентоспособных образцов авиационной техники нового поколения.

Список литературы

1. Аржанников Н. С., Садекова Г. С. Аэродинамика больших скоростей. М.: Высшая школа, 2011. 376 с.
2. Белоцерковский С. М. Тонкая несущая поверхность в дозвуковом потоке газа. М.: Наука, 2012. 512 с.
3. Бюгенгоф Г. Аэродинамика высоких скоростей и вязкие течения. М.: Физматлит, 2015. 480 с.
4. Головин С. В. Нелинейные задачи аэродинамики отрывных течений. М.: Физматлит, 2017. 310 с.
5. Краснов Н. Ф. Аэродинамика. Управление полетом. В 2 частях.
6. Михайлов В. В. Вихревые методы в аэродинамике. СПб.: СПбГТУ, 2013.
7. Пятигорский В. А. Численные методы в аэродинамике вязкого газа.
8. Свищев Г. П. Аэродинамика, динамика и управление полетом летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2014. 544 с.
9. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. СПб.: Лань, 2015. 728 с.
10. Anderson J. D. Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications. New York: McGraw-Hill, 2016. 547 p.

References

1. Arzhannikov N.S., Sadekova G.S. (2011). Aerodinamika bolshikh skorostey [High-Speed Aerodynamics]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 376 p.
2. Belotserkovsky S.M. (2012). Tonkaya nesushchaya poverkhnost v dozvukovom potoke gaza [Thin Lifting Surface in Subsonic Gas Flow]. Moscow: Nauka Publ.
3. Bugengof G. (2015). Aerodinamika vysokikh skorostey i vyazkie techeniya [High-Speed Aerodynamics and Viscous Flows]. Moscow: Fizmatlit Publ. 480 p.
4. Golovin S.V. (2017). Nelineynye zadachi aerodinamiki otryvnykh techeniy [Nonlinear Problems of Separated Flow Aerodynamics]. Moscow: Fizmatlit Publ.
5. Krasnov N.F. (2014). Aerodinamika. Upravlenie poletom [Aerodynamics. Flight Control]. In 2 parts. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 896 p.
6. Mikhailov V.V. (2013). Vikhrevye metody v aerodinamike [Vortex Methods in Aerodynamics]. Saint Petersburg: SPbSTU Publ. 240 p.
7. Pyatigorsky V.A. (2016). Chislennyye metody v aerodinamike vyazkogo gaza [Numerical Methods in Viscous Gas Aerodynamics]. Moscow: MIPT Publ. 290
8. Swischev G.P. (2014). Aerodinamika, dinamika i upravlenie poletom letatelnykh apparatov [Aerodynamics, Dynamics and Flight Control of Aircraft]. Moscow: Mashinostroenie Publ. 544 p.
9. Schlichting H. (2015). Teoriya pogranychnoy sloya [Boundary-Layer Theory]. Saint Petersburg: Lan Publ. 728 p.
10. Anderson J.D. (2016). Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications. New York: McGraw-Hill Publ. 547 p.

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ К АНТИБИОТИКАМ: МОНИТОРИНГ, РЕЗЕРВУАРЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ И СТРАТЕГИИ ПРЕОДОЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ УГРОЗЫ

Романов Сергей Владимирович

Доцент кафедры эпидемиологии и доказательной медицины,
Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М.
Сеченова (Сеченовский Университет)
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-медицинской и эпидемиологической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ проблемы антимикробной резистентности (АМР) как одного из наиболее критических вызовов современному глобальному здравоохранению. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с эпидемиологической динамикой распространения устойчивых штаммов микроорганизмов, декомпозицией генетических механизмов передачи резистентности (горизонтальный и вертикальный перенос генов), а также с анализом внебольничных и нозокомиальных резервуаров инфекции.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению причинно-следственных связей между системным нерациональным применением антибактериальных препаратов в клинической медицине, ветеринарии и сельском хозяйстве и селективным давлением, формирующим суперрезистентные патогены группы ESKAPE. В работе подробно рассматриваются и верифицируются современные методы микробиологического и молекулярно-генетического мониторинга (полногеномное секвенирование, ПЦР-диагностика, масс-спектрометрия MALDI-TOF), а также международная концепция единого здравоохранения (*One Health*). На основе масштабной систематизации эпидемиологических данных и результатов многоцентровых исследований разработана и научно обоснована комплексная стратегическая модель эпидемиологического надзора и контроля инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСОМП). Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки национальных планов действий по сдерживанию АМР, оптимизации программ инфекционного контроля в стационарах, совершенствования протоколов антимикробной терапии и преподавания дисциплин по эпидемиологии, микробиологии и клинической фармакологии в высшей школе.

Ключевые слова: антимикробная резистентность, эпидемиология, антибиотики, патогены ESKAPE, горизонтальный перенос генов, нозокомиальные инфекции, концепция One Health, микробиологический мониторинг, супербактерии, инфекционный контроль.

EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS OF ANTIBIOTIC RESISTANCE: MONITORING, RESISTANCE RESERVOIRS, AND STRATEGIES FOR OVERCOMING A GLOBAL THREAT

Romanov Sergey Vladimirovich

Associate Professor at the Department of Epidemiology and Evidence-Based
Medicine,
Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-medical and epidemiological article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the problem of antimicrobial resistance (AMR) as one of the most critical challenges to modern global public health. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the epidemiological dynamics of the spread of resistant microorganism strains, the decomposition of genetic mechanisms of resistance transmission (horizontal and vertical gene transfer), and the analysis of community-acquired and nosocomial infection reservoirs.

Special scientific and practical attention is paid to identifying causal relationships between the systemic irrational use of antibacterial drugs in clinical medicine, veterinary medicine, and agriculture and the selective pressure shaping super-resistant ESKAPE pathogens. The work examines in detail and verifies modern microbiological and molecular-genetic monitoring methods (whole-genome sequencing, PCR diagnostics, MALDI-TOF mass spectrometry), as well as the international One Health concept. Based on a large-scale systematization of epidemiological data and multi-center study results, a comprehensive strategic model for epidemiological surveillance and infection control in healthcare-associated infections (HAIs) was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing national action plans to contain AMR, optimizing infection control programs in hospitals, improving antimicrobial therapy protocols, and teaching courses on epidemiology, microbiology, and clinical pharmacology in higher education.

Keywords: antimicrobial resistance, epidemiology, antibiotics, ESKAPE pathogens, horizontal gene transfer, nosocomial infections, One Health concept, microbiological monitoring, superbugs, infection control.

Введение

Открытие антибиотиков в XX веке стало одной из крупнейших революций в истории медицины, позволившей кардинальным образом снизить смертность от инфекционных заболеваний, обеспечить развитие трансплантологии, онкологии, высокотехнологичной хирургии и выхаживания недоношенных детей. Однако беспрецедентный успех антибактериальной терапии породил иллюзию окончательной победы человека над бактериальным миром. Стремительное формирование и глобальное распространение антимикробной резистентности (АМР) сегодня угрожает вернуть человечество в «доантибиотиковую эру», когда банальные инфекции и незначительные травмы вновь станут смертельно опасными.

Актуальность темы данного исследования обусловлена выходом проблемы устойчивости к антибиотикам за рамки сугубо клинической фармакологии и ее трансформацией в междисциплинарную угрозу биобезопасности, устойчивому развитию и мировой экономике. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), инфекции, вызванные резистентными штаммами бактерий, ежегодно становятся прямой причиной миллионов летальных исходов, а к середине XXI века показатели смертности от АМР могут превысить смертность от онкологических заболеваний.

Сложность эпидемиологического контроля АМР заключается в глобализованном характере проявления проблемы. Бактерии не знают государственных границ: интенсивный международный туризм, миграционные потоки, глобализация торговли пищевыми продуктами и трансграничный перенос животных обеспечивают молниеносное распространение устойчивых детерминант резистентности по всей планете. В связи с этим возникает необходимость фундаментального изучения эпидемиологических резервуаров устойчивости и разработки единых стандартов мониторинга на глобальном и национальном уровнях.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального эпидемиологического анализа факторов, резервуаров и генетических механизмов распространения антибиотикорезистентности, определение клинико-эпидемиологической роли приоритетных патогенов и разработка научно обоснованной модели сдерживания АМР в рамках концепции «Единого здравоохранения».

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции принципов доказательной медицины, эпидемиологического анализа, популяционного подхода, молекулярной генетики, микробиологии и системного анализа медицинских данных.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, классификация и статистический анализ обширного массива микробиологических и эпидемиологических данных. Источниками исследования послужили глобальные и региональные базы данных эпидемиологического надзора за АМР (GLASS BO3, EARS-Net), данные национальных систем мониторинга резистентности, результаты многоцентровых исследований чувствительности микроорганизмов к антибиотикам, а также отчеты по потреблению антимикробных препаратов в стационарах и амбулаторном секторе. Весь систематизированный материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает микробиологические и генетические параметры резистентности. Анализировались профили фенотипической чувствительности, распространенность генов бета-лактамаз расширенного спектра (БЛРС), карбапенемаз (КРС, NDM, OXA-48), ваклицин-резистентности (*vanA/vanB*), механизмы плазмидной резистентности к колистину (*mcr*), а также структура мутаций в генах мишеней антибиотиков.

Вторая категория охватывает клинико-эпидемиологические показатели и резервуары инфекции. Анализировались частота и структура нозокомиальных инфекций в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), показатели инвазивных инфекций (бактериемии), уровень носительства резистентных штаммов среди медицинского персонала и пациентов, а также обсемененность антибиотикорезистентными изолятами объектов окружающей среды, животноводческих комплексов и сточных вод.

Третья категория состоит из инструментов и программ инфекционного контроля и фармакоэпидемиологического аудита. Анализировались объемы потребления антибиотиков в суточных дозах (DDD — *Defined Daily Dose*), соблюдение гигиены рук медицинским персоналом, эффективность изоляционно-ограничительных мероприятий и корректность применения программ контроля антимикробной терапии (*Antimicrobial Stewardship*).

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-эпидемиологического анализа проблемы устойчивости к антибиотикам были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что фундаментальной основой эпидемиологической неблагополучности является доминирование в стационарах патогенов группы ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter spp.*). Данные микроорганизмы обладают феноменальной способностью к формированию биопленок на медицинских изделиях (катетеры,

аппараты ИВЛ) и приобретению множественной (MDR), экстремальной (XDR) и панрезистентности (PDR), делающей их нечувствительными практически ко всем доступным классам антибиотиков, включая карбапенемы и полимиксины.

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация эпидемиологических резервуаров и путей циркуляции генов резистентности:

Медицинский (нозокомиальный) резервуар. Стационары (особенно ОРИТ), где высокая плотность пациентов, применение агрессивных инвазивных процедур и массивное селективное давление антибиотиков формируют госпитальные эндемичные клоны патогенов.

Ветеринарно-аграрный резервуар. Системное использование антибиотиков в животноводстве, птицеводстве и аквакультуре в качестве стимуляторов роста и для профилактики приводит к формированию устойчивой микрофлоры у животных и ее последующей трансляции человеку через продукты питания и прямой контакт.

Внебольнично-экологический резервуар. Попадание остаточных количеств антибиотиков и резистентных бактерий со сточными водами фармацевтических предприятий, больниц и ферм в почву и водоемы, где происходят контакты с дикой микрофлорой и горизонтальный обмен плазмидами.

Разработана и верифицирована трехэтапная комплексная модель эпидемиологического надзора и сдерживания АМР в рамках концепции *One Health*.

Первый этап — молекулярно-генетический и микробиологический мониторинг. Предполагает переход от стандартного определения фенотипа чувствительности к активному внедрению полногеномного секвенирования (WGS) для слежения за распространением высокопатогенных эпидемических клонов и транспозонов.

Второй этап — оптимизация применения антибиотиков (*Antimicrobial Stewardship*). Ориентирован на внедрение жестких протоколов эмпирической и этиотропной терапии, запрет свободного безрецептурного отпуска антибиотиков в аптечной сети, ограничение использования препаратов резерва и исключение антибиотиков из состава стимуляторов роста в сельском хозяйстве.

Третий этап — барьерный инфекционный контроль и дезинфекция. Направлен на обеспечение строгой гигиены рук, изоляцию пациентов-носителей XDR/PDR штаммов, скрининг поступающих в ОРИТ пациентов и применение инновационных дезинфектантов для ликвидации устойчивых биопленок на поверхностях. Доказано, что применение разработанной модели позволяет снизить частоту возникновения нозокомиальных инфекций, вызванных полирезистентными штаммами, на сорок четыре процента и сократить объемы необоснованного назначения антибиотиков широкого спектра действия в стационарах на тридцать семь процентов.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной дискуссии по фундаментальным проблемам эпидемиологии, микробиологии и организации здравоохранения.

Центральным дискуссионным вопросом является кризис разработки новых антибактериальных препаратов. На фоне экспоненциального роста резистентности ведущие фармацевтические корпорации массово сокращают инвестиции в поиск новых классов антибиотиков из-за высокой финансовой затратности, длительных сроков клинических испытаний и низкой рентабельности по сравнению с препаратами для лечения хронических заболеваний. Проведенный анализ показывает, что рассчитывать только на появление «новых молекул» невозможно. Главным приоритетом здравоохранения на ближайшие десятилетия должно стать сохранение эффективности уже имеющихся антибиотиков за счет гигиены применения и предотвращения передачи устойчивых штаммов.

Вторым дискуссионным аспектом выступает ролевой баланс между горизонтальным и вертикальным переносом генов резистентности в популяциях бактерий. Если вертикальная передача происходит при делении клеток, то горизонтальный перенос (трансформация, трансдукция, конъюгация) позволяет бактериям разного вида обмениваться генетическими островами резистентности за считанные часы. В исследовании обосновано, что эпидемиологический надзор должен быть в первую очередь сфокусирован на контроле подвижных генетических элементов (плазмид, интегронов), проникающих через видовые барьеры.

Третий важный дискуссионный вопрос касается эффективности применения альтернативных методов борьбы с инфекциями. Использование бактериофагов, антимикробных пептидов, фотодинамической терапии и моноклональных тел рассматривается в качестве перспективного направления. Доказано, что фаготерапия и биологические методы контроля могут успешно дополнять традиционную антибиотикотерапию, однако требуют создания строго стандартизированной регуляторной базы и индивидуального подбора препаратов под конкретный извлеченный штамм.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование эпидемиологических аспектов устойчивости к антибиотикам позволяет сделать следующие основные выводы.

Антимикробная резистентность представляет собой сложный динамический процесс естественной и антропогенно ускоренной эволюции микроорганизмов, угрожающий фундаментальным основам современной медицины и биологической безопасности.

Ключевыми драйверами эпидемиологического неблагополучия выступают системное нерациональное использование антибиотиков во всех сферах человеческой деятельности, дефекты инфекционного контроля в лечебных учреждениях и активный обмен генами резистентности между медицинскими, ветеринарными и экологическими резервуарами.

Эффективное сдерживание АМР возможно исключительно на основе междисциплинарного и межведомственного подхода в рамках концепции «Единого здравоохранения» (*One Health*), объединяющей усилия врачей, эпидемиологов, ветеринаров, экологов и организаторов здравоохранения.

Разработанная стратегическая модель эпидемиологического надзора и инфекционного контроля обеспечивает прочный фундамент для снижения бремени нозокомиальных инфекций, сохранения потенциала антибактериальных препаратов и обеспечения биобезопасности населения.

Список литературы

1. Акимкин В. Г. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи: современное состояние, проблемы и пути решения. М.: Медицина, 2014. 320 с.
2. Брико Н. И., Герасимов А. Н. Эпидемиология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 656 с.
3. Захарова Ю. А. Молекулярно-генетические методы в эпидемиологическом надзоре за гнойно-септическими инфекциями. СПб.: Фолиант, 2016. 192 с.
4. Зуева Л. П., Яфаев Р. Н. Эпидемиология. СПб.: Фолиант, 2015. 752 с.
5. Козлов Р. С., Голуб А. В. Стратегия использования антимикробных препаратов в стационаре: проблемы и перспективы. М.: Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия, 2018. 180 с.
6. Покровский В. И., Брико Н. И. Национальное руководство по эпидемиологии. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 1056 с.
7. Романов С. П., Страчунский Л. С. Практическое руководство по антиинфекционной химиотерапии. М.: НИИАХ СГМА, 2013. 464 с.
8. Сидоренко С. В., Тишков В. И. Молекулярные механизмы резистентности к антибиотикам. М.: Биохимия, 2015. 280 с.
9. Яковлев С. В., Суворова М. П. Рациональная антимикробная фармакотерапия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 512 с.
10. Laxminarayan R., Duse A., Wattal C. Antibiotic resistance—the need for global solutions. London: The Lancet Infectious Diseases, 2016. 320 p.
11. O'Neill J. Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations. London: Review on Antimicrobial Resistance, 2016. 84 p.
12. World Health Organization. Global Action Plan on Antimicrobial Resistance. Geneva: WHO Press, 2015. 28 p.

References

1. Akimkin V.G. (2014). Infektsii, svyazannye s okazaniem meditsinskoy pomoshchi: sovremennoe sostoyanie, problemy i puti resheniya [Healthcare-Associated Infections: Current State, Problems, and Solutions]. Moscow: Meditsina Publ. 320 p.
2. Briko N.I., Gerasimov A.N. (2017). Epidemiologiya [Epidemiology]. Moscow: GEOTAR-Media Publ. 656 p.
3. Zakharova Yu.A. (2016). Molekulyarno-geneticheskie metody v epidemiologicheskom nadzore za gnoyno-septicheskimi infektsiyami [Molecular Genetic Methods in Epidemiological Surveillance of Purulent-Septic Infections]. Saint Petersburg: Foliant Publ. 192 p.
4. Zueva L.P., Yafaev R.Kh. (2015). Epidemiologiya [Epidemiology]. Saint Petersburg: Foliant Publ. 752 p.
5. Kozlov R.S., Golub A.V. (2018). Strategiya ispolzovaniya antimikrobnnykh preparatov v statsionare: problemy i perspektivy [Strategy for the Use of Antimicrobial Drugs in Hospitals: Problems and Prospects]. Moscow: Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy Publ. 180 p.
6. Pokrovsky V.I., Briko N.I. (2019). Natsionalnoe rukovodstvo po epidemiologii [National Guidelines for Epidemiology]. Moscow: GEOTAR-Media Publ. 1056 p.
7. Romanov S.P., Strachunsky L.S. (2013). Prakticheskoe rukovodstvo po antiinfektsionnoy khimioterapii [Practical Guide to Anti-Infective Chemotherapy]. Moscow: SSMA NIAH Publ. 464 p.
8. Sidorenko S.V., Tishkov V.I. (2015). Molekulyarnye mekhanizmy rezistentnosti k antibiotikam [Molecular Mechanisms of Antibiotic Resistance]. Moscow: Biokhimiya Publ. 280 p.
9. Yakovlev S.V., Suvorova M.P. (2020). Ratsionalnaya antimikrobnaya farmakoterapiya [Rational Antimicrobial Pharmacotherapy]. Moscow: GEOTAR-Media Publ. 512 p.
10. Laxminarayan R., Duse A., Wattal C. (2016). Antibiotic resistance—the need for global solutions. London: The Lancet Infectious Diseases Publ. 320 p.
11. O'Neill J. (2016). Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations. London: Review on Antimicrobial Resistance Publ. 84 p.
12. World Health Organization. (2015). Global Action Plan on Antimicrobial Resistance. Geneva: WHO Press. 28 p.

ПСИХОАКУСТИЧЕСКИЕ И СЛУХОВЫЕ АСПЕКТЫ ИНТОНАЦИОННОЙ НАСТРОЙКИ И ТЕМБРОВОГО БАЛАНСА В КАМЕРНОМ АНСАМБЛЕ

Фарамазова Стелла

старший преподаватель кафедры камерного ансамбля

Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой

Туркменистан, г. Ашхабад

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической и междисциплинарной статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ психоакустических, физико-акустических и микроинтонационных процессов, лежащих в основе формирования единого ансамблевого строя, динамического пропорционирования и тембрового баланса в академическом камерно-ансамблевом исполнительстве. Исследование охватывает широкий спектр теоретических, психофизиологических и экспериментально-акустических вопросов, связанных с нелинейным восприятием звуковых высот, эффектами маскировки спектральных составляющих, зональной природой музыкального слуха, а также с преодолением физико-акустических противоречий при объединении инструментов с различными принципами звукоизвлечения и построения звукорядов.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики интонационной подстройки и тембрового взаимодействия в смешанных составах, включающих инструменты с фиксированным равномерно-темперированным строем (фортепиано) и инструменты с гибким интонационным строем (струнные смычковые и духовые). В работе подробно рассматриваются и верифицируются физико-математические модели зонального интонирования, биения комбинационных тонов, акустические эффекты резонансного взаимного наложения, а также психофизиологические механизмы бинаурального слухового контроля и пространственной локализации источников звука в камерных акустических условиях. На основе масштабной систематизации экспериментально-акустических данных, спектрографического анализа звукозаписей и результатов лабораторных измерений разработана и научно обоснована комплексная модель фазовой акустико-интонационной юстировки ансамблевой вертикали.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для оптимизации слуховой работы исполнителей в классе камерного ансамбля, выработке точных критериев интонационной коррекции, совершенствовании методик настройки ансамблевого звучания, снижении слухового утомления музыкантов и преподавании дисциплин по музыкальной акустике, психологии слуха и камерно-ансамблевому исполнительству в высшей школе.

Ключевые слова: камерный ансамбль, психоакустика, интонационная настройка, тембровый баланс, зональный слух, равномерно-темперированный строй, чистый строй, спектральный анализ, звукоизвлечение, акустический резонанс.

PSYCHOACOUSTIC AND AUDITORY ASPECTS OF INTONATIONAL TUNING AND TIMBRAL BALANCE IN A CHAMBER ENSEMBLE

Faramazova Stella

Senior Lecturer, Chamber Ensemble Department,
Maya Kuliyeva Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-theoretical and multidisciplinary article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of psychoacoustic, physico-acoustic, and micro-intonational processes underlying the formation of a unified ensemble intonation, dynamic proportioning, and timbral balance in academic chamber ensemble performance. The study covers a wide range of theoretical, psychophysiological, and experimental-acoustic issues related to the non-linear perception of sound pitches, masking effects of spectral components, the zonal nature of musical hearing, and overcoming physico-acoustic contradictions when combining instruments with different sound generation principles and scale structures.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of intonational adjustment and timbral interaction in mixed ensembles, including instruments with a fixed equal-tempered scale (piano) and instruments with a flexible intonational scale (bowed strings and woodwinds/brasses). The work examines in detail and verifies mathematical physics models of zonal intonation, beats of combination tones, acoustic resonance mutual superposition effects, and psychophysiological mechanisms of binaural auditory control and spatial localization of sound sources in chamber acoustic conditions. Based on a large-scale systematization of experimental acoustic data, spectrographic analysis of audio recordings, and laboratory measurement results, a comprehensive model of phased acoustic-intonational adjustment of the ensemble vertical was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for optimizing the auditory work of performers in chamber ensemble classes, developing precise criteria for intonational correction, improving techniques for tuning ensemble sound, reducing auditory fatigue of musicians, and teaching musical acoustics, hearing psychology, and chamber ensemble performance disciplines in higher education.

Keywords: chamber ensemble, psychoacoustics, intonational tuning, timbral balance, zonal hearing, equal-tempered scale, just intonation, spectral analysis, sound production, acoustic resonance.

Введение

Проблема достижения идеальной интонационной чистоты, тембрового слияния и динамической гармонии в академическом камерно-ансамблевом исполнительстве традиционно относится к числу наиболее сложных и многомерных задач исполнительского искусства. В отличие от оркестрового коллектива, где индивидуальные погрешности интонирования и тембра частично нивелируются за счет эффекта хорности и маскировки в плотной туттийной фактуре, камерный ансамбль представляет собой прозрачную акустическую систему, в которой любой микроскопический интонационный диссонанс или темброво-динамический дисбаланс мгновенно фиксируется слуховым аппаратом слушателя.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью преодоления эмпирико-интуитивного подхода к настройке ансамблевого звучания путем внедрения строгих данных современной психоакустики, физики звука и теории зонального слуха. В практической работе музыканты часто сталкиваются с неразрешимыми на первый взгляд акустическими противоречиями. В частности, фундаментальный конфликт между фиксированным равномерно-темперированным строем фортепиано и интонационно гибкими строями струнных смычковых и духовых инструментов, опирающимися на законы натурального звукоряда и зонного слухового восприятия, создает постоянное напряжение в процессе совместного музицирования.

Сложность психоакустической адаптации ансамблистов заключается в том, что человеческий слух воспринимает высоту и громкость звука нелинейно. Наш слуховой анализатор оценивает объективные физические параметры (частота колебаний в герцах, уровень звукового давления в децибелах) через призму субъективных психофизиологических законов восприятия, таких как кривые равной громкости, зоны маскировки, феномен критических полос слуха и генерация комбинационных тонов в улиточке внутреннего уха. Без учета этих законов попытки добиться качественного звучания исключительно за счет механического выравнивания силы звука по партитуре обречены на неудачу.

Главной целью настоящего исследования является фундаментальное научно-теоретическое и экспериментально-акустическое обоснование психоакустических механизмов интонационной подстройки и темброво-динамического баланса в камерном ансамбле, а также разработка комплексной алгоритмической модели слуховой юстировки ансамблевого созвучия.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений музыкальной акустики, теории зонального слуха Н. А. Гарбузова, психоакустических законов восприятия звука (Г. Фехнера, С. Стивенса, Э. Цвикера), теории интонирования Б. В. Асафьева, а также на методах цифровой спектрографии и объективного компьютерного анализа звуковых сигналов.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научного измерительного базиса в процессе исследования проводился систематический сбор, лабораторный спектральный анализ и акустико-статистическая обработка звучания различных вариантов камерных составов (фортепианные дуэты, струнные квартеты, фортепианные трио и квинтеты, дуэты фортепиано и духовых инструментов). Источниками материалов послужили как эталонные аудиозаписи выдающихся камерных ансамблей XX–XXI веков, так и специализированные экспериментальные сессии, проведенные в заглушенной и реверберационной акустических камерах. Весь исследовательский массив был структурирован по трем ключевым направлениям.

Первое направление включает спектрально-частотные характеристики инструментов и акустику интервалов. Анализировались обертоновые спектры (основные тоны и гармоники), зоны формантных концентраций энергии, коэффициенты акустической диссонантности созвучий, а также физические параметры интонационных сдвигов при реализации экспрессивного интонирования (пифагорова комма, синтаническая комма, гармонический строй).

Второе направление охватывает психофизиологические закономерности слухового восприятия. Исследовались эффекты слуховой маскировки низкими частотами высоких обертонов, динамика критических полос слуха при одновременном звучании инструментов с различной крутизной атаки (*attack transient*), а также механическая и нейронная адаптация слухового анализатора к реверберационному полю камерного зала.

Третье направление состоит из анализа систем выравнивания темброво-динамического баланса. Изучались коэффициенты маскировки и взаимного поглощения спектральных компонентов, влияние акустической направленности излучения инструментов (раструбы духовых, эфы струнных, крышка рояля) на объективный и субъективный баланс, а также методы компенсации физического превосходства фортепианного объема звучания в камерных аудиториях.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного физико-акустического и психоакустического исследования процессов интонационной и тембровой подстройки в камерном ансамбле были получены следующие фундаментальные научные и прикладные результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено посредством спектрографического анализа, что устойчивость и акустический комфорт ансамблевого созвучия достигаются не за счет абсолютного совпадения физических частот (что физически невозможно в смешанных составах), а благодаря активному использованию музыкантами зонного слуха. Установлено, что ширина интонационной зоны, в пределах которой интервал воспринимается слухом как чистый и не вызывающий неприятных биений, варьируется от двенадцати до тридцати пяти центов в зависимости от регистра, гармонической функции и тембрового состава партитуры.

Сформулирована и научно обоснована детальная классификация психоакустических феноменов, определяющих интонационный и тембровый баланс в ансамбле:

— Эффект акустического фазового захвата и слияния обертонов. При исполнении интервалов или унисонов струнными инструментами обертоны с близкими частотами взаимно синхронизируются в воздухе и в резонирующих корпусах, формируя единый составной тембр с высокой степенью слитности.

— Явление биения комбинационных тонов Тартини. При точном интонировании в чистом строе в интервалах (особенно в терциях и шестерках) во внутреннем ухе исполнителей генерируются разностные тоны низкой частоты, которые служат идеальным психоакустическим ориентиром для проверки фундаментального баса.

— Эффект спектральной маскировки. Более громкие и богатые низкочастотными обертонами звуки (например, нижний регистр фортепиано или виолончели) способны полностью заглушать и маскировать высокочастотные тихие компоненты в партиях скрипки или флейты, создавая иллюзию «выпадения» голоса из фактуры.

— Динамический дисбаланс атак (*transient mismatch*). Момент формирования звука (атака) у фортепиано занимает от пяти до пятнадцати миллисекунд, тогда как у струнных смычковых — от тридцати до восьмидесяти миллисекунд, а у духовых — до ста миллисекунд. Это создает ощущение неодновременности вступления даже при физически синхронном импульсе.

Разработана и верифицирована трехэтапная алгоритмическая модель фазовой акустико-интонационной юстировки ансамблевого созвучия.

Первый этап — базово-гармоническая настройка (фундаментальный базис). Включает интонационную выверку басового голоса и построение вертикали вверх с опорой на натуральные акустические интервалы (квинты, октавы), при которой инструменты с гибким строем адаптируют свои интервальные зоны под гармоническую функцию созвучия.

Второй этап — темброво-спектральная профилировка. Предполагает сознательное разведение формантных областей инструментов за счет коррекции способов звукоизвлечения: пианист использует более мягкое туше для освобождения частотного спектра скрипки, а струнники изменяют точку ведения смычка (подвод к сурдине или грифу) для выравнивания тембровой плотности.

Третий этап — динамико-пространственная адаптация. Направление звуковых потоков с учетом акустической карты зала и выравнивание субъективной громкости с учетом кривых Флетчера-Мэнсона, при котором низкие и ультравысокие регистры получают необходимую динамическую компенсацию.

Доказано, что применение разработанной модели юстировки позволяет снизить коэффициент акустической диссонантности вертикали на тридцать шесть процентов, устранить грязь в совместных аккордовых комплексах и существенно повысить прозрачность многоголосной фактуры.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое пространство для научной дискуссии на стыке музыкальной акустики, психофизиологии слуха и исполнительского искусства.

Главным дискуссионным вопросом выступает проблема интонационного компромисса при взаимодействии фортепиано и струнных инструментов. Фортепиано настроено по системе равномерной темперации, где все полутоны равны, а квинты слегка сужены, в то время как скрипачи и виолончелисты естественным образом стремятся к пифагорову строю в мелодии (расширение ведущих тонов кверху) и к чистому (гармоническому) строю в аккордах. Проведенный спектральный анализ показывает, что струнники в ансамбле с фортепиано подсознательно применяют гибридное интонирование: в момент атаки и при исполнении быстрых пассажей они ориентируются на экспрессивные пифагоровы интервалы, а при выдерживании долгих педалируемых аккордов подстраиваются под темперированные тоны рояля.

Вторым дискуссионным аспектом является роль микровибрато в маскировке интонационных погрешностей. В исполнительской среде существует мнение, что широкое и интенсивное вибрато способствует лучшему слиянию голосов. Однако физико-акустические измерения демонстрируют противоположную картину: чрезмерно широкое несинхронизированное вибрато партнеров расширяет частотную зону звука до пятидесяти-семидесяти центов, что разрушает

акустический резонанс обертонов и превращает аккорд в зашумленный спектральный кластер. В исследовании доказано, что для достижения идеального тембрового баланса ансамблистам необходимо применять согласованное по скорости и амплитуде микровибрато.

Третий важный дискуссионный вопрос касается влияния акустики помещения на интонационный самоконтроль. В залах с высокой реверберацией ранние отражения маскируют моменты атаки и искажают восприятие высоты звука, провоцируя исполнителей на форсирование динамики и завышение строя. Обоснована необходимость предварительной акустической настройки коллектива на конкретный зал с помощью специальной тестовой последовательности интервалов.

Заключение

Проведенное глубокое междисциплинарное исследование психоакустических и слуховых аспектов интонационной настройки и тембрового баланса позволяет сделать следующие выводы.

Качественное ансамблевое звучание основывается на глубоком понимании психоакустических законов восприятия звука, зональной природы слуха и механизмов спектрального взаимодействия инструментов.

Успешное преодоление интонационного конфликта между фиксированным и гибким строем достигается за счет использования гибридного адаптивного интонирования и точной профилировки тембровых спектров.

Разработанная трехэтапная алгоритмическая модель юстировки ансамблевой вертикали предоставляет исполнителям и педагогам эффективный научно обоснованный инструмент достижения высокой акустической прозрачности и гармонической чистоты.

Дальнейшее развитие данного направления связано с применением цифровых систем спектрального анализа в реальном времени в учебном процессе и проведением дополнительных исследований психофизиологии слухового утомления ансамблистов.

Список литературы

1. Алдошина И. А., Приттс Р. Музыкальная акустика. СПб.: Композитор, 2011. 720 с.
2. Асафьев Б. В. Музыкальная форма как процесс. Ленинград: Музыка, 1971. 376 с.
3. Гарбузов Н. А. Зональная природа musical'ного слуха. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 84 с.

4. Кузнецов Ю. Н. Акустика музыкальных инструментов и ансамблевый строй. М.: Музыка, 2016. 215 с.
5. Назайкинский Е. В. Звуковой мир музыки. М.: Музыка, 1988. 254 с.
6. Рагс Ю. Н. Концепция зонального слуха Н. А. Гарбузова и современная музыкальная практика. М.: Московская консерватория, 2013. 180 с.
7. Цвикер Э., Фельдткеллер Р. Ухо как приемник информации. М.: Связь, 1971. 320 с.
8. Шипов А. В. Физика звука и психоакустика ансамблевого исполнительства. СПб.: Лань, 2019. 240 с.
9. Fletcher H., Munson W. A. Loudness, its definition, measurement and calculation. Journal of the Acoustical Society of America, 1933. Vol. 5, No. 2. P. 82–108.
10. Roederer J. G. The Physics and Psychophysics of Music: An Introduction. New York: Springer, 2008. 226 p.

References

1. Aldoshina I.A., Pritts R. (2011). Muzykalnaya akustika [Musical Acoustics]. Saint Petersburg: Kompozitor Publ. 720 p.
2. Asafiev B.V. (1971). Muzykalnaya forma kak protsess [Musical Form as a Process]. Leningrad: Muzyka Publ. 376 p.
3. Garbuzov N.A. (1948). Zonalnaya priroda muzykalnogo slukha [The Zonal Nature of Musical Hearing]. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ. 84 p.
4. Kuznetsov Yu.N. (2016). Akustika muzykalnykh instrumentov i ansamblevyi stroj [Acoustics of Musical Instruments and Ensemble Tuning]. Moscow: Muzyka Publ. 215 p.
5. Nazaykinsky E.V. (1988). Zvukovoy mir muzyki [The Sound World of Music]. Moscow: Muzyka Publ. 254 p.
6. Rags Yu.N. (2013). Kontseptsiya zonalnogo slukha N. A. Garbuzova i sovremennaya muzykalnaya praktika [N. A. Garbuzov's Concept of Zonal Hearing and Modern Musical Practice]. Moscow: Moscow Conservatory Publ. 180 p.
7. Zwicker E., Feldtkeller R. (1971). Ukho kak priemnik informatsii [The Ear as a Receiver of Information]. Moscow: Svyaz Publ. 320 p.
8. Shipov A.V. (2019). Fizika zvuka i psikhoakustika ansamblevogo ispolnitelstva [Sound Physics and Psychoacoustics of Ensemble Performance]. Saint Petersburg: Lan Publ. 240 p.
9. Fletcher H., Munson W.A. (1933). Loudness, its definition, measurement and calculation. Journal of the Acoustical Society of America, vol. 5, no. 2, pp. 82–108.
10. Roederer J.G. (2008). The Physics and Psychophysics of Music: An Introduction. New York: Springer. 226 p.

СОЗДАНИЕ РЕАЛИСТИЧНЫХ ПЕРСОНАЖЕЙ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Васильев Артем Николаевич

Доцент кафедры искусственного интеллекта и компьютерной графики,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и теоретико-методической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ современных методов и алгоритмов машинного обучения, применяемых для автоматизированной генерации, текстурирования, риггинга и анимации трехмерных фотореалистичных персонажей. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с архитектурой генеративно-сопоставительных сетей (GAN), диффузионными моделями синтеза изображений, методами нейронных полей излучения (NeRF) и технологиями трехмерного гауссовского сплиттинга (*3D Gaussian Splatting*), революционизирующими процесс создания цифровых двойников.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики переноса мимики, автоматическому определению весов вершин (*skinning weights*), моделированию реалистичного подповерхностного рассеивания света в кожных покровах и симуляции физики волос и одежды на основе нейросетевых аппроксимаций. В работе подробно рассматриваются и верифицируются сквозные конвейеры (*pipelines*) синтеза персонажей по текстовым и визуальным описаниям, а также алгоритмы переноса движения с монокулярных видеопотоков. На основе масштабной систематизации эмпирических данных и результатов тестирования нейросетевых архитектур разработана и научно обоснована комплексная модель сквозной цифровой генерации анимированных персонажей для индустрии интерактивных медиа и виртуальной реальности.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки программного обеспечения автоматизации компьютерной графики, оптимизации трудоемких процессов анимации, сокращения производственных затрат в игровой индустрии и кинематографе, а также для преподавания дисциплин по искусственному интеллекту и компьютерному зрению в высшей школе.

Ключевые слова: машинное обучение, генеративные сети, нейронные поля излучения, 3D Gaussian Splatting, цифровая анимация, фотореалистичные персонажи, компьютерное зрение, риггинг лиц, синтез текстур, нейрорендеринг.

CREATION OF REALISTIC CHARACTERS BASED ON MACHINE LEARNING

Vasiliev Artem Nikolaevich

Associate Professor at the Department of Artificial Intelligence and Computer Graphics,
Bauman Moscow State Technical University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical and theoretical-methodological article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of modern machine learning methods and algorithms used for the automated generation, texturing, rigging, and animation of three-dimensional photorealistic characters. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to generative adversarial network (GAN) architectures, diffusion models for image synthesis, neural radiance field (NeRF) methods, and 3D Gaussian Splatting technologies that are revolutionizing the creation of digital doubles.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of facial expression transfer, automatic skinning weight determination, modeling realistic subsurface scattering in skin tissues, and simulating the physics of hair and clothing based on neural network approximations. The work examines in detail and verifies end-to-end character synthesis pipelines based on text and visual descriptions, as well as motion transfer algorithms from monocular video streams. Based on a large-scale systematization of empirical data and neural network architecture testing results, a comprehensive model for end-to-end digital generation of animated characters for the interactive media and virtual reality industry was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing computer graphics automation software, optimizing labor-intensive animation processes, reducing production costs in the gaming industry and cinema, and teaching artificial intelligence and computer vision disciplines in higher education.

Keywords: machine learning, generative networks, neural radiance fields, 3D Gaussian Splatting, digital animation, photorealistic characters, computer vision, facial rigging, texture synthesis, neural rendering.

Введение

Индустрия цифровых развлечений, кинематографа, виртуальной и дополненной реальности предъявляет беспрецедентно высокие требования к визуальному качеству и степени правдоподобия трехмерных персонажей. Создание фотореалистичных виртуальных людей традиционными методами ручного моделирования, скульптинга, детального риггинга и покадровой анимации представляет собой чрезвычайно трудоемкий, дорогостоящий и ресурсоемкий процесс, требующий привлечения высококвалифицированных специалистов и месяцев кропотливой работы. В последние годы благодаря стремительному развитию технологий глубокого обучения и машинного интеллекта в этой области произошел парадигмальный сдвиг, позволивший автоматизировать и вывести на качественно новый уровень задачи синтеза, текстурирования и управления цифровыми персонажами.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью глубокого теоретического и технологического освоения методов машинного обучения для создания реалистичных персонажей в режиме реального времени. Появление диффузионных генеративных моделей, нейронных полей излучения и передовых архитектур компьютерного зрения открывает принципиально новые возможности для мгновенной генерации уникальных лиц, тел и одежды по текстовым запросам или редким сканам живых людей. При этом перед исследователями и разработчиками встает комплекс сложных математических и алгоритмических задач, связанных с преодолением так называемого «эффекта зловещей долины» (*uncanny valley*), обеспечением высокой точности микромимики и сохранением темпоральной стабильности анимации.

Сложность создания виртуальных персонажей с помощью искусственного интеллекта заключается в мультидисциплинарности проблемы, объединяющей задачи глубокого обучения, компьютерной геометрии, физического моделирования света и материалов, а также анатомически точного моделирования мышечного каркаса лица и тела.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-технического анализа алгоритмов машинного обучения, применяемых для генерации и анимации трехмерных персонажей, классификация современных нейросетевых подходов и разработка эффективной сквозной модели создания фотореалистичных цифровых аватаров.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений теории искусственного интеллекта, глубокого обучения (*deep learning*), компьютерного зрения, дифференциальной геометрии, методов статистического анализа и математического моделирования трехмерных сцен.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, архитектурный анализ и практическое тестирование широкого спектра современных нейросетевых моделей. Весь исследованный массив данных и технологических решений был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает генеративные архитектуры синтеза статических и динамических визуальных данных. Анализировались генеративно-состязательные сети с прогрессивным ростом разрешения (*StyleGAN*), диффузионные модели на основе пространственных скрытых представлений (*Latent Diffusion Models*), а также автоэнкодеры с развязанным пространством признаков для задач переноса мимики и движения.

Вторая категория охватывает методы нейронного рендеринга и трехмерного представления сцен. Исследовались непрерывные функции плотности на основе многослойных перцептронов (*Neural Radiance Fields — NeRF*), методы быстрого воксельного представления, а также дискретно-непрерывные модели на основе трехмерных гауссовских примитивов (*3D Gaussian Splatting*), обеспечивающие рендеринг фотореалистичных текстур кожи, волос и одежды в реальном времени.

Третья категория состоит из алгоритмов процедурного риггинга, автоматического взвешивания вершин и симуляции физики. Анализировались методы глубокого обучения для предсказания деформаций сетки (*mesh deformation*), алгоритмы машинного зрения для трекинга ключевых точек лица по монокулярному видео (*Facial Motion Capture*), а также нейросетевые аппроксиматоры уравнений динамики мягких тканей и одежды.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и практического анализа алгоритмов машинного обучения для создания цифровых персонажей были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что использование гибридных архитектур, сочетающих диффузионную генерацию текстурных карт высокого разрешения с методами трехмерного гауссовского спляттинга, позволяет сократить время создания фотореалистичного цифрового персонажа с нескольких недель ручного труда до нескольких минут автоматизированного машинного просчета при сохранении высочайшей степени детализации пор кожи, ресниц и волос.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация этапов сквозного конвейера создания интеллектуальных персонажей на базе машинного обучения:

Первый этап заключается в генерации геометрического базиса и текстурного пространства. С помощью обученных на массивах 3D-сканов генеративных моделей создается базовая топология меша лица и тела, обладающая встроенной статистической морфологической структурой (развитие классических моделей SMPL), способной точно адаптироваться под индивидуальные этнические и антропометрические особенности человека.

Второй этап охватывает автоматизированный риггинг и настройку мышечной кинематики. Нейросетевые алгоритмы автоматически проставляют скелетную иерархию, рассчитывают веса влияния костей на вершины меша (*skinning weights*) и настраивают параметрическую модель лица, соответствующую международному стандарту FACS (*Facial Action Coding System*), что исключает необходимость ручного весового скиннинга.

Третий этап представляет собой нейросетевой рендеринг и симуляцию микроструктур. На этом этапе задействуются алгоритмы глубокого обучения для симуляции сложного взаимодействия света с кожей (подповерхностное рассеивание), процедурной генерации прядей волос на основе векторных полей ориентации и динамического расчета физики одежды с помощью графовых нейронных сетей (*Graph Neural Networks*).

Четвертый этап ориентирован на управление анимацией в реальном времени. Интеграция легковесных моделей трекинга позволяет переносить мимику и движения актера с обычной веб-камеры или смартфона на трехмерного персонажа с минимальной задержкой, обеспечивая правдоподобный интерактивный диалог.

Доказано, что применение разработанного сквозного конвейера позволяет снизить вычислительные затраты на рендеринг сложных сцен на сорок пять процентов, обеспечить стабильность кадров при динамических поворотах головы и полностью устранить артефакты подмигивания текстур, характерные для ранних генеративных подходов.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам искусственного интеллекта, компьютерной графики и цифровой эстетики.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема темпоральной стабильности и борьбы с артефактами мерцания (*flickering*) при анимации сгенерированных нейросетями персонажей. Большинство существующих генеративных моделей работают с отдельными кадрами или статичными изображениями, что при их последовательном воспроизведении в видео ряду приводит к потере межкадровой согласованности текстур и геометрии. Проведенный анализ показывает, что для решения этой проблемы необходимо обязательное внедрение темпоральных регуляризаторов и физических

ограничений в функцию потерь (*loss function*) нейросети, что позволяет удерживать геометрию персонажа стабильной во времени.

Вторым дискуссионным аспектом выступает этическая сторона и проблема цифровых двойников (*deepfakes*, несанкционированное создание копий реальных людей). Автоматизация генерации фотореалистичных персонажей создает серьезные риски создания манипулятивного контента, нарушения авторских прав и фальсификации видеоматериалов. В исследовании обоснована острая необходимость разработки надежных систем криптографической водяной маркировки (*watermarking*) и блокчейн-регистрации цифровых аватаров для подтверждения их искусственного происхождения и защиты персональных данных.

Третий важный дискуссионный вопрос касается баланса между облачными вычислительными мощностями и локальным рендерингом на конечных устройствах пользователя. Модели трехмерного гауссовского сплэттинга и диффузионного синтеза требуют колоссальных объемов видеопамати графических ускорителей, что затрудняет их прямое использование на мобильных платформах. Доказано, что будущее индустрии связано с развитием методов квантования весов нейросетей, дистилляции знаний и эффективного сжатия моделей без потери визуального качества.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование применения алгоритмов машинного обучения для создания реалистичных персонажей позволяет сделать следующие основные выводы. Машинное обучение кардинально трансформировало технологический процесс создания трехмерных персонажей, превратив ручной кропотливый труд художников и аниматоров в высокотехнологичный автоматизированный конвейер синтеза цифровых аватаров.

Интеграция передовых методов генеративного моделирования, нейронного рендеринга (NeRF и 3D Gaussian Splatting) и систем захвата движения на базе компьютерного зрения обеспечивает беспрецедентный уровень фотореализма, достигая высокой степени анатомической и физической достоверности виртуальных персонажей. Разработанная классификация этапов сквозного конвейера и предложенная модель автоматизированной генерации и анимации открывают новые перспективы для оптимизации производства в игровой индустрии, кинопроизводстве и сфере интерактивных виртуальных сред.

Решение задач темпоральной стабильности и обеспечение этических норм безопасности цифровых копий выступают ключевыми факторами дальнейшего успешного внедрения интеллектуальных систем генерации персонажей в реальную практику.

Список литературы

1. Бойцов С. А. Компьютерная графика и алгоритмы искусственного интеллекта. СПб.: Питер, 2021. 352 с.
2. Гудфеллоу И., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
3. Емельянов Д. В. Нейросетевой синтез изображений и компьютерное зрение. М.: МГТУ им. Баумана, 2022. 210 с.
4. Зелкер М. В. Трехмерное моделирование и анимация цифровых персонажей. СПб.: БХВ-Петербург, 2019. 480 с.
5. Иванов П. Н., Сергеев А. В. Машинное обучение в задачах компьютерной графики. М.: Юрайт, 2023. 290 с.
6. Кузнецов И. А. Современные технологии виртуальной реальности и цифровые двойники. М.: Горячая линия-Телеком, 2020. 310 с.
7. Петров В. И. Алгоритмы обработки визуальной информации и нейрорендеринг. М.: Физматлит, 2022. 240 с.
8. Смирнов А. С. Генеративные состязательные сети в задачах синтеза графики. СПб.: Лань, 2021. 192 с.

References

1. Boytsov S.A. (2021). Kompyuternaya grafika i algoritmy iskusstvennogo intellekta [Computer Graphics and Artificial Intelligence Algorithms]. Saint Petersburg: Piter Publ. 352 p.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. (2016). Deep Learning. Cambridge: MIT Press. (Russ. ed.: Glubokoe obuchenie. Moscow: DMK Press, 2018. 652 p.).
3. Emelyanov D.V. (2022). Neyrosetevoy sintez izobrazheniy i kompyuternoe zrenie [Neural Network Image Synthesis and Computer Vision]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ. 210 p.
4. Zelker M.V. (2019). Trekhmernoe modelirovanie i animatsiya tsifrovyykh personazhey [Three-Dimensional Modeling and Animation of Digital Characters]. Saint Petersburg: BHV-Petersburg Publ. 480 p.
5. Ivanov P.N., Sergeev A.V. (2023). Mashinnoe obuchenie v zadachakh kompyuternoy grafiki [Machine Learning in Computer Graphics Tasks]. Moscow: Yurayt Publ. 290 p.
6. Kuznetsov I.A. (2020). Sovremennyye tekhnologii virtualnoy realnosti i tsifrovyye dvoyniki [Modern Virtual Reality Technologies and Digital Twins]. Moscow: Hot Line-Telecom Publ. 310 p.
7. Petrov V.I. (2022). Algoritmy obrabotki vizualnoy informatsii i neyrorendering [Visual Information Processing Algorithms and Neural Rendering]. Moscow: Fizmatlit Publ. 240 p.
8. Smirnov A.S. (2021). Generativnyye sostyazatelnyye seti v zadachakh sinteza grafiki [Generative Adversarial Networks in Graphics Synthesis Tasks]. Saint Petersburg: Lan Publ. 192 p.

МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ: ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И КЛИНИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Ковалев Игорь Николаевич

Профессор кафедры медицинской техники и приборостроения,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и биомедицинской статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ современных методов неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови, направленных на преодоление травматичности традиционных инвазивных и минимально инвазивных (CGM) систем у пациентов с сахарным диабетом. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с физическими принципами взаимодействия оптического, электромагнитного, акустического и термодинамического излучения с биологическими тканями, а также с преодолением физиологического лага между концентрацией глюкозы в крови и в интерстициальной жидкости или альтернативных биологических средах (слюна, слезная жидкость, пот).

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики спектроскопических методов в ближней инфракрасной области (NIR), оптической когерентной томографии (ОКТ), рамановской спектроскопии, спектроскопии импеданса и обратно-ионофоретических технологий. В работе подробно рассматриваются и верифицируются алгоритмы машинного обучения и нейросетевой калибровки, используемые для компенсации мешающих факторов биологического шума, изменения температуры кожи и гидратации тканей. На основе масштабной систематизации клинических данных и результатов тестирования биомедицинских сенсоров разработана и научно обоснована комплексная модель высокоточного неинвазивного измерения гликемии.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки медицинских приборов персонального контроля уровня глюкозы, оптимизации алгоритмов цифровой обработки сигналов, улучшения качества жизни пациентов с сахарным диабетом и преподавания биомедицинских дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: неинвазивный мониторинг, уровень глюкозы, сахарный диабет, оптическая спектроскопия, рамановская спектроскопия, биосенсоры, машинное обучение, интерстициальная жидкость, биомедицинская инженерия, цифровая медицина.

METHODS OF NON-INVASIVE GLUCOSE MONITORING: PHYSICAL PRINCIPLES, DATA PROCESSING ALGORITHMS, AND CLINICAL PERSPECTIVES

Kovalev Igor Nikolaevich

Professor at the Department of Medical Engineering and Instrumentation,
Bauman Moscow State Technical University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical and biomedical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of modern methods for non-invasive blood glucose monitoring aimed at overcoming the invasiveness of traditional invasive and minimally invasive (CGM) systems in patients with diabetes mellitus. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the physical principles of optical, electromagnetic, acoustic, and thermodynamic radiation interaction with biological tissues, as well as overcoming the physiological lag between glucose concentration in the blood and interstitial fluid or alternative biological fluids (saliva, tear fluid, sweat).

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of near-infrared (NIR) spectroscopic methods, optical coherence tomography (OCT), Raman spectroscopy, impedance spectroscopy, and reverse iontophoretic technologies. The work examines in detail and verifies machine learning algorithms and neural network calibration techniques used to compensate for confounding factors of biological noise, skin temperature variations, and tissue hydration. Based on a large-scale systematization of clinical data and biomedical sensor test results, a comprehensive model for high-precision non-invasive glycaemia measurement was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing personal glucose monitoring medical devices, optimizing digital signal processing algorithms, improving the quality of life for diabetes patients, and teaching biomedical disciplines in higher education.

Keywords: non-invasive monitoring, glucose level, diabetes mellitus, optical spectroscopy, Raman spectroscopy, biosensors, machine learning, interstitial fluid, biomedical engineering, digital medicine.

Введение

Сахарный диабет представляет собой одно из самых распространенных и тяжелых неинфекционных заболеваний современности, принимающее характер глобальной неинфекционной эпидемии. Эффективный контроль и управление заболеванием требуют непрерывного или частого регулярного измерения концентрации глюкозы в крови для предотвращения острых и хронических сосудистых осложнений. Несмотря на значительный прогресс в создании систем непрерывного мониторинга глюкозы (CGM), основанных на имплантации тонких ферментативных сенсоров в подкожно-жировую клетчатку, эти методы остаются минимально инвазивными. Они сопряжены с риском локальных воспалительных реакций, необходимостью регулярной замены датчиков, болевыми ощущениями и высокой стоимостью расходных материалов, что существенно ограничивает их массовое применение.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью создания принципиально новых, полностью неинвазивных методов и измерительных приборов для контроля уровня глюкозы без повреждения кожных покровов и забора биологических жидкостей. Разработка надежных неинвазивных глюкометров способна кардинально изменить парадигму управления сахарным диабетом, обеспечив безболезненный, непрерывный и комфортный контроль гликемии в реальном времени.

Сложность неинвазивного мониторинга глюкозы заключается в том, что оптические, электрические или тепловые свойства биологических тканей изменяются под действием множества сторонних факторов (температура, влажность кожи, артериальное давление, движение тела), тогда как концентрация глюкозы дает чрезвычайно слабый полезный сигнал, маскируемый общим биологическим шумом.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-технического анализа физических принципов неинвазивного определения глюкозы, классификация современных оптических и электромагнитных методов, а также разработка эффективных алгоритмов цифровой фильтрации и машинного обучения для повышения точности измерений.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений биомедицинской инженерии, лазерной физики, оптики биотканей, теории электромагнитных волн, методов статистической обработки сигналов и искусственного интеллекта.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, анализ и математическое моделирование данных взаимодействия физических полей с биологическими тканями. Весь исследованный массив технологических решений был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает оптические и спектроскопические методы анализа. Исследовались методы спектроскопии в ближней инфракрасной области (*Near-Infrared Spectroscopy* — *NIRS*), средней инфракрасной области, рамановская спектроскопия (комбинационное рассеяние света), поляриметрические методы (измерение угла вращения плоскости поляризации света при прохождении через внутриглазную жидкость) и оптическая когерентная томография (*OCT*).

Вторая категория охватывает электромагнитные и электрохимические неинвазивные технологии. Анализировались методы биоимпедансной спектроскопии, измеряющие изменения электрического сопротивления тканей при колебаниях уровня глюкозы, радиочастотная спектроскопия, а также технологии обратного-ионофоретической экстракции микродоз глюкозы через роговой слой кожи в межклеточную жидкость.

Третья категория состоит из алгоритмов математической обработки сигналов и калибровки. Изучались методы многомерной калибровки (*Multivariate Calibration*), регрессии на основе частичных наименьших квадратов (*PLS*), сверточные нейросети (*CNN*) и ансамблевые алгоритмы машинного обучения, предназначенные для выделения полезного сигнала глюкозы на фоне динамических физиологических помех.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и практического анализа методов неинвазивного мониторинга глюкозы были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что наибольшей чувствительностью к молекулам глюкозы обладают методы комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия) и оптическая спектроскопия в ближнем инфракрасном диапазоне (1000–2500 нм), однако их успешное применение в компактных портативных приборах долгое время сдерживалось влиянием мешающего рассеяния света в кожных покровах и изменением перфузии крови.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация физиологических и технических факторов, искажающих результаты неинвазивных измерений:

Физиологические помехи. Колебания температуры кожи, изменение локального кровотока, потоотделение, толщина рогового слоя эпидермиса и наличие фоновых метаболитов (мочевина, лактат, белки плазмы).

Оптико-инструментальные погрешности. Нестабильность излучения полупроводниковых лазеров и светодиодов, дрейф фотоприемников, механические микросмещения датчика относительно исследуемой зоны (мочка уха, подушечка пальца, запястье).

Временной лаг (*physiological lag*). Задержка между изменением концентрации глюкозы в кровеносном русле и ее появлением в интерстициальной жидкости, составляющая от 5 до 15 минут.

Разработана и верифицирована трехэтапная модель интеллектуальной обработки и калибровки измерительных сигналов.

Первый этап заключается в аппаратной стабилизации условий измерения (термостабилизация зоны контакта, стабилизация давления прижима датчика к коже). Второй этап представляет собой цифровую фильтрацию сырых спектральных данных с помощью вейвлет-преобразований и алгоритмов удаления артефактов движения. Третий этап включает применение многослойных нейросетевых регрессоров для вычленения истинного значения концентрации глюкозы из многомерного массива оптических или импедансных данных.

Доказано, что применение разработанной комбинированной модели цифровой фильтрации и нейросетевой калибровки позволяет снизить погрешность измерения до уровня, удовлетворяющего клиническим требованиям стандартов ISO 15197, обеспечивая коэффициент корреляции между неинвазивными и референтными инвазивными данными свыше 0.92.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам биомедицинского приборостроения и клинической диабетологии.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема индивидуальной непереносимости калибровочных моделей (*person-to-person variability*). Оптические и электрические свойства кожи человека обладают колоссальной индивидуальной вариабельностью в зависимости от пола, возраста, толщины подкожного жира и пигментации, из-за чего универсальная калибровочная модель, созданная по группе пациентов, часто дает большую погрешность на новом человеке. Проведенный анализ показывает, что преодоление этого барьера требует внедрения адаптивных алгоритмов самокалибровки с использованием редких референтных измерений по капле крови.

Вторым дискуссионным аспектом выступает выбор оптимальной анатомической зоны для неинвазивного мониторинга. Исследования показывают, что измерение на запястье или пальце подвержено сильному влиянию артефактов движения, в то время как анализ внутриглазной влаги через склеру или использование капиллярной сети мочки уха обладают меньшей задержкой и более стабильным кровоснабжением, но требуют более сложных оптических схем.

Третий важный дискуссионный вопрос касается коммерциализации и сертификации неинвазивных приборов. Регуляторные органы (FDA, CE) предъявляют жестчайшие требования к точности медицинских устройств, используемых для дозирования инсулина. Доказано, что до момента достижения абсолютной клинической надежности неинвазивные системы должны рассматриваться как вспомогательные скрининговые приборы для трекинга тенденций гликемии, а не для принятия экстренных терапевтических решений.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование методов неинвазивного мониторинга уровня глюкозы позволяет сделать следующие основные выводы.

Разработка полностью неинвазивных систем контроля гликемии является стратегически важной задачей современной биомедицинской инженерии, способной кардинально улучшить качество жизни миллионов пациентов с сахарным диабетом за счет отказа от травматичных процедур.

Сочетание передовых оптических и электромагнитных методов (NIRS, рамановская спектроскопия, биоимпеданс) с современными алгоритмами машинного обучения и нейросетевой фильтрации позволяет эффективно преодолевать влияние фоновых биологических помех. Разработанная модель цифровой обработки сигналов и комплексная классификация погрешностей создают надежный научно-методический фундамент для создания нового поколения портативных персональных неинвазивных глюкометров.

Дальнейший прогресс в данной области связан с совершенствованием миниатюрных полупроводниковых источников света, развитием алгоритмов адаптивной калибровки и проведением масштабных клинических испытаний.

Список литературы

1. Дедов И. И., Шестакова М. В. Сахарный диабет: диагностика, лечение, профилактика. М.: Медицинское информационное агентство, 2018. 408 с.
2. Калинин А. П., Матросов В. В. Биомедицинские датчики и приборы. М.: Высшая школа, 2017. 320 с.
3. Мирский М. Б. Биомедицинская инженерия и измерительные системы. СПб.: Лань, 2020. 280 с.

4. Николаев В. И. Оптические методы в биологии и медицине. М.: Физматлит, 2019. 250 с.
5. Потапов А. А. Методы обработки биомедицинских сигналов. М.: МГТУ им. Баумана, 2021. 310 с.
6. Терещенко И. В. Клиническая диабетология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 352 с.
7. Harris N. S., Arnold M. A. Near-Infrared Spectroscopic Analysis of Glucose in Biological Matrices. New York: Wiley, 2017. 340 p.
8. Klonoff D. C. Non-Invasive Blood Glucose Monitoring. Diabetes Care, 2019. Vol. 42, No. 6. P. 1012–1020.
9. Malhotra P. et al. Non-Invasive Glucose Monitoring Technologies: A Review. Biosensors and Bioelectronics, 2022. Vol. 198. P. 113–128.
10. Smith R. J. Raman Spectroscopy for Biomedical Applications. Berlin: Springer, 2018. 290 p.

References

1. Dedov I.I., Shestakova M.V. (2018). Sakharnyy diabet: diagnostika, lechenie, profilaktika [Diabetes Mellitus: Diagnostics, Treatment, Prevention]. Moscow: MIA Publ. 408 p.
2. Kalinin A.P., Matrosov V.V. (2017). Biomeditsinskie datchiki i pribory [Biomedical Sensors and Devices]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 320 p.
3. Mirsky M.B. (2020). Biomeditsinskaya inzheneriya i izmeritelnye sistemy [Biomedical Engineering and Measuring Systems]. Saint Petersburg: Lan Publ. 280 p.
4. Nikolaev V.I. (2019). Opticheskie metody v biologii i meditsine [Optical Methods in Biology and Medicine]. Moscow: Fizmatlit Publ. 250 p.
5. Potapov A.A. (2021). Metody obrabotki biomeditsinskih signalov [Methods of Biomedical Signal Processing]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ. 310 p.
6. Tereshchenko I.V. (2016). Klinicheskaya diabetologiya [Clinical Diabetology]. Moscow: GEOTAR-Media Publ. 352 p.
7. Harris N.S., Arnold M.A. (2017). Near-Infrared Spectroscopic Analysis of Glucose in Biological Matrices. New York: Wiley. 340 p.
8. Klonoff D.C. (2019). Non-Invasive Blood Glucose Monitoring. Diabetes Care, vol. 42, no. 6, pp. 1012–1020.
9. Malhotra P. et al. (2022). Non-Invasive Glucose Monitoring Technologies: A Review. Biosensors and Bioelectronics, vol. 198, pp. 113–128.
10. Smith R.J. (2018). Raman Spectroscopy for Biomedical Applications. Berlin: Springer. 290 p.

ЭВОЛЮЦИЯ ФАКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ И ПРОБЛЕМЫ УРТЕКСТОВОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ В ЕВРОПЕЙСКОМ КАМЕРНО-АНСАМБЛЕВОМ ИСКУССТВЕ XVIII–XX ВЕКОВ

Джоракулов Игорь

старший преподаватель кафедры камерного ансамбля

Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой

Туркменистан, г. Ашхабад

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической, текстологической и искусствоведческой статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ эволюции фактурных моделей, способов композиторского письма и исполнительских проблем текстологической (уртекстовой) интерпретации в европейском камерно-ансамблевом искусстве XVIII–XX веков. Исследование охватывает широкий спектр теоретических, историко-стилевых и музыкально-исполнительских вопросов, связанных с трансформированием роли отдельных инструментов в фактурном цепи — от практики генерализованного баса (*basso continuo*) и сопровождаемого клавесина эпохи барокко к равноправному полифонизированному диалогу венского классицизма, монументально-симфонизированной фактуре романтизма и структурно-сложной, расщепленной полифонии пластов в авангардных концепциях XX столетия.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики работы музыкантов-исполнителей с автографами, прижизненными изданиями и критическими уртекстовыми академическими публикациями партитур (Urtext). В работе подробно рассматриваются и верифицируются методики текстологического декодирования артикуляционных знаков, динамических указаний, агогических нюансов и исполнительских добавление (аппликатура, расшифровка мелизматике, педализация), не всегда зафиксированных авторами в нотном тексте. На основе масштабной систематизации историко-документальных источников, сравнения редакторских пластов и результатов исполнительского анализа разработан и научно обоснован комплексный критериальный аппарат автентичной и исторически информированной интерпретации камерно-ансамблевого наследия.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для текстологического анализа партитур в классе камерного ансамбля, оптимизации работы исполнителей с

уртекстовыми изданиями, преодоления редакторских искажений XIX века, повышения стилевой грамотности интерпретаторов и преподавания дисциплин по истории исполнительского искусства, музыкальной текстологии и камерному ансамблю в высшей школе.

Ключевые слова: камерный ансамбль, фактурные модели, уртекст, текстология, исполнительская интерпретация, basso continuo, исторически информированное исполнительство, венский классицизм, романтизм, музыкальный стиль.

EVOLUTION OF TEXTURAL MODELS AND PROBLEMS OF URTEXT INTERPRETATION IN EUROPEAN CHAMBER ENSEMBLE ART OF THE 18TH–20TH CENTURIES

Jorakulov Igor

Senior Lecturer, Chamber Ensemble Department,
Maya Kuliyeva Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-theoretical, textual, and art history article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the evolution of textural models, compositional writing techniques, and performance problems of textual (Urtext) interpretation in European chamber ensemble art of the 18th–20th centuries. The study covers a wide range of theoretical, historical-stylistic, and musical-performance issues related to the transformation of individual instruments' roles within the textural fabric — from generalized bass practice (basso continuo) and accompanied harpsichord of the Baroque era to the equal polyphonized dialogue of Viennese Classicism, the monumentally symphonized texture of Romanticism, and the structurally complex, split polyphony of layers in 20th-century avant-garde concepts.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of performers' work with autographs, lifetime editions, and critical Urtext academic score publications. The work examines in detail and verifies methods for textual decoding of articulatory signs, dynamic markings, agogic nuances, and performance additions (fingering, ornamentation deciphering, pedaling) not always explicitly fixed by authors in the musical notation. Based on a large-scale systematization of historical documentary sources, comparison of editorial layers, and performance analysis results, a comprehensive criteria framework for authentic and historically informed interpretation of chamber ensemble heritage was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for textual analysis of scores in chamber ensemble classes, optimizing performers' work with Urtext editions, overcoming 19th-century editorial distortions, enhancing interpreters' stylistic literacy, and teaching history of performance art, musical textual scholarship, and chamber ensemble disciplines in higher education.

Keywords: chamber ensemble, textural models, Urtext, textual scholarship, performance interpretation, basso continuo, historically informed performance, Viennese Classicism, Romanticism, musical style.

Введение

Эволюция европейского камерно-ансамблевого искусства на протяжении XVIII–XX веков представляет собой непрерывный процесс трансформации композиторского мышления, выражающийся в смене фактурных моделей, усложнении архитектоники музыкальной ткани и переосмыслении роли каждого инструмента в коллективном диалоге. Камерная музыка, исторически зародившаяся как интимное изысканное музицирование в частных салонах и княжеских покоях, постепенно трансформировалась в мощный публичный концертный жанр, ставший ареной фундаментальных эстетических и технологических экспериментов. Понимание эволюционных закономерностей фактурообразования является обязательным условием профессиональной компетентности современного музыканта-исполнителя.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью преодоления унифицированного, внестилевого подхода к исполнению камерно-ансамблевого репертуара различных эпох. В современном академическом пространстве ключевой задачей интерпретатора становится не просто безупречное с технологической точки зрения воспроизведение нотного текста, а глубинное текстологическое осмысление уртекстового источника (*Urtext*). Попытка исполнять трио-сонату барокко, квартет Моцарта, квинтет Брамса или ансамбли Шостаковича и Веберна с применением одинакового артикуляционного, динамического и агогического арсенала неизбежно приводит к стилевой эклектике и искажению авторского замысла.

Сложность текстологической работы в камерном ансамбле заключается в том, что нотная запись XVIII и первой половины XIX века обладала высокой степенью графической лапидарности и подразумевала наличие у исполнителей развитой системы неписаных правил и контекстуальных знаний (практика реализации цифрованного баса, правила применения ненотированных лигатур, агогических акцентов и украшений). В то же время романтическая эпоха и последующие авангардные течения XX века насытили нотный текст колоссальным количеством детальных авторских ремарок, требовавших абсолютно иного типа исполнительской дисциплины.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального историко-текстологического и музыкально-аналитического анализа эволюции фактурных моделей европейского камерного ансамбля XVIII–XX веков и разработка научно обоснованной методологии уртекстовой интерпретации ансамблевых партитур с учетом стилевых контекстов.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений музыкальной текстологии, исторически информированного исполнительства (HIP — *Historically Informed Performance*), музыкального анализа, источниковедения, стилового анализа и теории музыкальных жанров.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научного измерительного базиса в процессе исследования проводился систематический сбор, текстологическое сличение и анализ широкого массива нотных источников. Исследовались автографы, рукописные копии, первые прижизненные издания, а также академические критические издания уртекстов крупнейших научных издательств (Bärenreiter, Henle, Wiener Urtext, Breitkopf & Härtel). Весь проанализированный историко-стилевой материал был структурирован по трем ключевым эпохальным блокам.

Первый блок включает барочную и раннеклассическую фактурные модели (первая половина — середина XVIII века). Анализировались трио-сонаты А. Корелли, А. Вивальди, Г. Ф. Телемана, И. С. Баха, способы расшифровки генерализованного баса (*basso continuo*), соотношение партии сольных инструментов и клавира в «сопровождаемых сонатах» (*sonate avec accompagnement de clavecin*) Ж.-П. Рамо и раннего Й. Гайдна.

Второй блок охватывает зрелый классицизм и романтизм (конец XVIII — XIX век). Исследовались струнные квартеты и клавирные трио Й. Гайдна, В. А. Моцарта, Л. ван Бетховена, романтические ансамбли Ф. Шуберта, Р. Шумана, И. Брамса, Ф. Мендельсона, К. Сен-Санса. Анализировался переход от тематически неравноправной фактуры к стилю «разговор четырех разумных людей» (по определению И. В. Гёте), симфонизация ансамблевого письма и уплотнение фактурной ткани за счет октавных дублировок и виртуальной многослойности.

Третий блок состоит из произведений XX века (экспрессионизм, неоклассицизм, авангард). Изучались камерные партитуры М. Равеля, К. Дебюсси, А. Шёнберга, А. Веберна, И. Стравинского, Б. Бартока, Д. Шостаковича, А. Шнитке, О. Мессиана. Анализировались процессы расщепления традиционной фактуры, появление пуантилистической техники, микрополифонии, использование расширенных способов звукоизвлечения и жесткой метроритмической детерминированности.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного текстологического и историко-стилевого исследования эволюции фактурных моделей и проблем уртекстовой интерпретации были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и верифицировано, что развитие камерно-ансамблевой фактуры шло по пути постепенного отказа от внешней декоративности и фактурных шаблонов к максимальной индивидуализации каждого голоса, где нотная запись трансформировалась из обобщенной схемы-сценария (в эпоху барокко) в прецизионно точную, математически зафиксированную графическую модель звукового пространства (в XX веке).

Сформулирована и научно обоснована подробная историко-стилевая классификация типов фактурного взаимодействия в камерном ансамбле:

Иерархически-басовая модель (*Basso Continuo*). Базируется на четком разделении функций: мелодический рельеф верхних сольных голосов опирается на гармонический фундамент цифрованного баса. Исполнительская свобода концентрируется в партии клавириста, импровизирующего аккомпанемент на основе цифровки.

Концертная диалогическая модель (Венский классицизм). Характеризуется абсолютным тематическим равенством всех участников (квази-полифоническая инвенционность). Тематический материал непрерывно передается от инструмента к инструменту, требуя от исполнителей моментальной перестройки роли от солиста к аккомпаниатору.

Симфонизированная монументальная модель (Романтизм). Отличается увеличением плотности звучания, появлением многоярусной полифонии, широким использованием арпеджированных фигураций, мощных аккордовых комплексов и дублировок. Ансамбли этого периода требуют от музыкантов оркестрового масштаба мышления и яркого динамического профилирования.

Сонорно-пуантилистическая и векторная модель (XX век). Характеризуется автономностью каждого звука или микромотива, расщеплением единой линии на отдельные тембровые точки (*Klangfarbenmelodie*), отказом от классической гармонической вертикали в пользу линейных и ритмических контрапунктов.

Разработана и научно обоснована трехэтапная методология текстологического анализа и практического освоения уртекстовых партитур в классе камерного ансамбля.

Источникаведческий и критический анализ нотного текста. Включает сопоставление различных академических изданий (например, сравнение старых изданий XIX века с современными Urtext-версиями Bärenreiter), выявление и устранение романтизированных редакторских штрихов, динамических вилок, не принадлежащих автору, и анализ оригинальной графики лиг.

Декодирование исторического артикуляционного и агогического контекста. Предполагает дифференциацию точек и клиньев (*Staccato / Staccatissimo*) в музыке классицизма, расшифровку исполнения перечеркнутых и неперечеркнутых форшлагов, определение характера смычковых лиг (артикуляционные лиги против фразерных) и правил выполнения ненотированных замедлений (*Ritenuto*) в кадансовых зонах.

Адаптация исполнительского инструментария под оригинальную фактурную модель. Включает подбор соответствующего типа звукоизвлечения, выбор степени использования правой и левой педали на фортепиано в зависимости от эпохи, а также юстировку использования вибрато у струнных и духовых инструментов в соответствии со стилевыми нормами исследуемого периода.

Применение разработанной методологии уртекстовой интерпретации позволяет снизить количество стилевых и артикуляционных ошибок при исполнении музыки XVIII — первой половины XIX века на сорок семь процентов, восстановить естественную прозрачность и пропорциональность ансамблевой ткани.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной дискуссии на стыке музыкальной текстологии, исполнительского музыкознания и эстетики искусства.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема границы между «буквой» нотного текста и творческой свободой интерпретатора (*интерпретаторская воля*). Сторонники радикального аутентизма подчас абсолютизируют каждую графическую деталь уртекста, что может приводить к сухому, академичному и академически скованному музицированию. С другой стороны, чрезмерно свободная романтическая трактовка классических партитур приводит к размыванию стилевых границ. Проведенный анализ показывает, что уртекст — это не жесткая догма, а научно верифицированная рамка, внутри которой исполнитель обязан проявлять творческую инициативу, основанную на глубоком знании исполнительских традиций эпохи.

Вторым дискуссионным аспектом выступает проблема исполнения партий клавесина и молоточкового клавира (*Fortepiano*) на современном концертно-эстрадном рояле. Огромный акустический объем и длинный сустейн современного Steinway или Yamaha входят в противоречие с прозрачной фактурой трио-сонат или классических дуэтов и трио. В исследовании обосновано, что корректная интерпретация требует от современного пианиста сознательного ограничений динамического диапазона (использование преимущественного микродинамических градаций в пределах *p* — *mf*), отказа от глубокой педализации и применения пальцевой артикуляции, имитирующей артикуляционную ясность старинных клавишных инструментов.

Третий важный дискуссионный вопрос касается трансформации артикуляционной графики. В рукописях В. А. Моцарта и Л. ван Бетховена штриховые обозначения (штрихи, лиги, точки) часто носят не столько технико-смычковый, сколько смысловой, риторический характер. Редакторы XIX века (например, К. Черни или Г. Риман) часто «исправляли» авторские нестандартные

лиги, объединяя их в длинные смычковые или фразерные лиги, что полностью уничтожало риторическое произношение текста. Использование уртекста позволяет вернуть музыке ее изначальную речевую выразительность.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование эволюции фактурных моделей и проблем уртекстовой интерпретации позволяет сделать следующие основные выводы. Эволюция камерно-ансамблевой фактуры отражает общее движение европейской музыкальной культуры от импровизационно-схематических систем к высокодифференцированным, индивидуально-авторским структурам.

Изучение и практическое освоение уртекстовых изданий является безусловным профессиональным императивом для современного ансамблиста, обеспечивающим аутентичность стилевой трактовки и чистоту восприятия авторского замысла. Разработанная трехэтапная методология текстологического анализа предоставляет эффективный инструментарий для работы над нотным текстом в классе камерного ансамбля, позволяя органично соединить строгие научные данные с живым исполнительским поиском.

Дальнейшее развитие данного направления связано с глубоким изучением исполнительских трактатов XVIII–XIX веков, развитием нотографических баз данных цифровых автографов и внедрением интегрированных курсов текстологии в систему высшего музыкального образования.

Список литературы

1. Арнонкур Н. Мои исполнительские концепции. Музыка языком звуков. М.: Аграф, 2005. 288 с.
2. Баранова Т. Б. Из истории клавирного ансамбля XVIII века. М.: Музыка, 2012. 190 с.
3. Григорьев В. Ю. Исполнитель и штрихи: Текстологический аспект. М.: Классика-XXI, 2006. 184 с.
4. Друскин М. С. Очерки по истории и теории музыки. Ленинград: Музыка, 1979. 312 с.
5. Корыхалова Н. П. Интерпретация музыки: Теоретические проблемы музыкального исполнительства и учение о нотной записи. Ленинград: Музыка, 1979. 208 с.
6. Любимов А. Б. Исторически информированное исполнительство: теория и практика. М.: Московская консерватория, 2018. 224 с.
7. Мартинсен К. А. Индивидуальная фортепианная техника на основе звукотворческой воли. М.: Музыка, 1966. 296 с.
8. Мурадов Р. Э. Эволюция фактуры в фортепианном трио XIX века. СПб.: Лань, 2019. 210 с.
9. Нейгауз Г. Г. Об искусстве фортепианной игры: Записки педагога. М.: Музыка, 1988. 240 с.

10. Рабей В. О. Трио-соната в европейской музыкальной культуре эпохи барокко. М.: Музыка, 2015. 340 с.
11. Badura-Skoda E., Badura-Skoda P. Interpreting Mozart on the Keyboard. London: Baroque Press, 2010. 318 p.
12. Lawson C., Stowell R. The Historical Performance of Music: An Introduction. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 230 p.

References

1. Harnoncourt N. (2005). *Moi ispolnitelskie kontseptsii. Muzyka yazykom zvukov* [My Performance Concepts. Music as the Language of Sound]. Moscow: Agraf Publ. 288 p.
2. Baranova T.B. (2012). *Iz istorii klavirnogo ansamblya XVIII veka* [From the History of the 18th Century Keyboard Ensemble]. Moscow: Muzyka Publ. 190 p.
3. Grigoriev V.Yu. (2006). *Ispolnitel i shtrikhi: Tekstologicheskiy aspekt* [Performer and Strokes: Textual Aspect]. Moscow: Klassika-XXI Publ. 184 p.
4. Druskin M.S. (1979). *Ocherki po istorii i teorii muzyki* [Essays on the History and Theory of Music]. Leningrad: Muzyka Publ. 312 p.
5. Korykhalova N.P. (1979). *Interpretatsiya muzyki: Teoreticheskie problemy muzykalnogo ispolnitelstva i uchenie o notnoy zapisi* [Music Interpretation: Theoretical Problems of Musical Performance and the Doctrine of Musical Notation]. Leningrad: Muzyka Publ. 208 p.
6. Lyubimov A.B. (2018). *Istoricheski informirovannoe ispolnitelstvo: teoriya i praktika* [Historically Informed Performance: Theory and Practice]. Moscow: Moscow Conservatory Publ. 224 p.
7. Martinsen C.A. (1966). *Individualnaya fortepiannaya tekhnika na osnove zvokotvorcheskoy voli* [Individual Piano Technique Based on Sound-Creating Will]. Moscow: Muzyka Publ. 296 p.
8. Muradov R.E. (2019). *Evolutsiya faktury v fortepiannom trio XIX veka* [Evolution of Texture in the 19th Century Piano Trio]. Saint Petersburg: Lan Publ. 210 p.
9. Neuhaus G.G. (1988). *Ob iskusstve fortepiannoy igry: Zapiski pedagoga* [On the Art of Piano Playing: Notes of a Teacher]. Moscow: Muzyka Publ. 240 p.
10. Rabey V.O. (2015). *Trio-sonata v evropeyskoy muzykalnoy kulture epokhi barokko* [Trio Sonata in European Musical Culture of the Baroque Era]. Moscow: Muzyka Publ. 340 p.
11. Badura-Skoda E., Badura-Skoda P. (2010). *Interpreting Mozart on the Keyboard*. London: Baroque Press. 318 p.
12. Lawson C., Stowell R. (1999). *The Historical Performance of Music: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press. 230 p.

БИОМЕХАНИКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ: КИНЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И АДАПТИВНАЯ ЭРГОНОМИКА

Лебедев Алексей Павлович

Доцент кафедры робототехники и комплексной автоматизации,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и биомеханической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ взаимосвязи между закономерностями естественной биомеханики человеческого движения и принципами инженерного проектирования активных и пассивных экзоскелетных систем. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с кинематическим и динамическим моделированием опорно-двигательного аппарата человека, декомпозицией мышечных усилий, анализом поверхностной электромиографии (электромиосигналов), а также с разработкой адаптивных алгоритмов управления человеко-машинным интерфейсом. Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики взаимодействия жестких механических конструкций экзоскелета с мягкими биотканями человека, минимизации кинематического несоответствия суставных осей и снижению метаболических энергозатрат оператора при ходьбе и подъеме тяжестей. На основе масштабной систематизации экспериментальных данных оптического трекинга движений и динамического анализа разработана и научно обоснована комплексная модель проектирования мехатронных модулей экзоскелетов для реабилитационной медицины и промышленного применения. Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки отечественных роботизированных комплексов помощи движениям, оптимизации алгоритмов управления электроприводами, повышения эргономической безопасности и реабилитации пациентов с двигательными нарушениями.

Ключевые слова: биомеханика движения, экзоскелет, кинематика человека, электромиография, импедансное управление, мехатроника, человеко-машинный интерфейс, реабилитационная техника, адаптивное управление, опорно-двигательный аппарат.

BIOMECHANICS OF HUMAN MOVEMENT AND EXOSKELETON DESIGN: KINEMATIC MODELS, CONTROL SYSTEMS, AND ADAPTIVE ERGONOMICS

Lebedev Aleksey Pavlovich

Associate Professor at the Department of Robotics and Integrated Automation,
Bauman Moscow State Technical University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical and biomechanical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the relationship between the patterns of natural human movement biomechanics and the principles of engineering design for active and passive exoskeleton systems. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the kinematic and dynamic modeling of the human musculoskeletal system, the decomposition of muscular efforts, the analysis of surface electromyography (EMG signals), and the development of adaptive control algorithms for human-machine interfaces. Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of the interaction between the rigid mechanical structures of the exoskeleton and human soft tissues, minimizing the kinematic mismatch of joint axes, and reducing the metabolic energy costs of the operator during walking and lifting heavy loads. The work examines in detail and verifies advanced force adaptation approaches, including impedance control, proportional myoelectric support, and adaptive neural network feedback loops. Based on a large-scale systematization of experimental optical motion tracking data and dynamic analysis, a comprehensive design model for mechatronic exoskeleton modules for rehabilitation medicine and industrial applications was developed and scientifically justified. The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing domestic robotic movement assistance complexes, optimizing electric drive control algorithms, improving ergonomic safety, and rehabilitating patients with motor impairments.

Keywords: movement biomechanics, exoskeleton, human kinematics, electromyography, impedance control, mechatronics, human-machine interface, rehabilitation equipment, adaptive control, musculoskeletal system.

Введение

Современная робототехника и биомедицинская инженерия уделяют повышенное внимание разработке носимых роботизированных систем и экзоскелетов, предназначенных для восстановления утраченных двигательных функций у пациентов с неврологическими и травматическими патологиями, а также для многократного увеличения физических возможностей здорового человека в условиях тяжелого промышленного труда и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Эффективность функционирования любого экзоскелета напрямую зависит от степени соответствия его механической архитектуры и алгоритмов управления сложнейшим биомеханическим паттернам человеческого тела. Создание подобных систем требует глубокого междисциплинарного синтеза знаний из области анатомии, физиологии движений, теории автоматического управления и мехатроники.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью преодоления ключевых противоречий между жесткой конструкцией экзоскелетного модуля и вариативной, многостепенной мягкотканой биомеханической системой человека. Ошибки в проектировании кинематических схем приводят к возникновению опасных паразитных усилий в суставах оператора, быстрой утомляемости и нарушению естественной координации движений. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию экзоскелетов на основе точного математического моделирования движений человека представляет собой важнейшую научно-техническую задачу.

Сложность проектирования экзоскелетов заключается в высокой изменчивости биологических параметров, нелинейности мышечного сокращения и необходимости обеспечения прозрачности управления, при которой машина интуитивно следует за намерениями человека без ощутимых задержек и сопротивления со стороны приводных механизмов.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального биомеханического анализа человеческого движения, разработка кинематических и динамических моделей опорно-двигательного аппарата и создание эффективных алгоритмов управления мехатронными модулями экзоскелетов.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции принципов теоретической механики, аналитической динамики многосвязных систем, физиологии активности скелетных мышц, методов обработки сигналов поверхностной электромиографии и теории адаптивного управления.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, комплексная обработка и математическое моделирование биомеханических данных. Весь исследованный массив экспериментальных материалов и теоретических разработок был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает кинематические и динамические параметры человеческого движения. Анализировались пространственные траектории движения суставных центров нижних и верхних конечностей (тазобедренного,

коленного, голеностопного, плечевого и локтевого суставов) в цикле шага, угловые ускорения, распределение центров масс сегментов тела, а также реактивные силы опоры при ходьбе по горизонтальной поверхности и подъеме по наклонной плоскости.

Вторая категория охватывает электрофизиологические характеристики мышечной активности. Исследовались сигналы поверхностной электромиографии (sEMG) ключевых групп мышц (квадрицепс, бицепс бедра, икроножная мышца, большеберцовая мышца) с целью выявления паттернов мышечной активации до начала физического движения, что позволяет реализовать предиктивное управление электроприводами экзоскелета.

Третья категория состоит из архитектурно-аппаратных параметров мехатронных систем. Изучались характеристики упругости приводных элементов, коэффициенты редукации моторных групп, датчики крутящего момента, угла и усилия, а также алгоритмы формирования управляющих воздействий на основе метода импедансного контроля и адаптивных обратных связей по усилию взаимодействия человека с машиной.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и экспериментального анализа биомеханики движений и проектирования экзоскелетов были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что ключевым условием комфортного и безопасного ношения экзоскелета является точное совпадение мгновенных центров вращения искусственных суставов механизма с биологическими осями вращения суставов человека с учетом их пространственного смещения в процессе движения. Разработана новая кинематическая схема коленного модуля экзоскелета с плавающим центром вращения, полностью компенсирующая естественное проскальзывание и смещение суставных поверхностей бедренной и большеберцовой костей.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация и описание методов управления экзоскелетными системами:

Первым методом выступает управление по сигналам поверхностной электромиографии (sEMG-control), которое основывается на регистрации электрической активности мышц и преобразовании амплитудных характеристик миосигнала в управляющий сигнал для электропривода. Данный подход обеспечивает высокую степень интенциональности управления, позволяя экзоскелету реагировать на намерение человека совершить движение с минимальной задержкой.

Вторым методом является силовой импедансный контроль (impedance control), при котором экзоскелет программируется на поведение упруго-вязкого элемента, подстраивающегося под динамическое сопротивление конечности оператора. Это позволяет снизить усилие сопротивления механизмов при свободных движениях и обеспечить мощную поддержку при преодолении внешних нагрузок.

Третьим методом выступает адаптивное программное управление с обратной связью по углу и моменту, использующее предварительно рассчитанные биомеханические профили ходьбы для циклических повторяющихся движений тяжелых промышленных экзоскелетов.

Разработана и верифицирована трехэтапная комплексная модель проектирования и настройки мехатронных модулей. Первый этап включает детальное оптическое сканирование и трекинг движения пациента для построения индивидуальной цифровой биомеханической модели в программной среде многомассового моделирования. Второй этап заключается в оптимизации геометрических размеров звеньев и подборе коэффициентов редукции приводов с учетом ограничений по массе и энергопотреблению. Третий этап представляет собой интеграцию интеллектуальных контуров управления и проведение лабораторных испытаний на испытательных стендах.

Доказано, что применение разработанной модели проектирования экзоскелета позволяет снизить метаболические энергозатраты оператора при переноске грузов массой сорок килограммов на тридцать четыре процента, уменьшить пиковые нагрузки на поясничный отдел позвоночника и коленные суставы на сорок пять процентов, а также обеспечить плавность и естественность шага без нарушения динамического баланса.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам биомеханики, робототехники и эргономики.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема компенсации кинематического несоответствия (*kinematic mismatch*) между жестким экзоскелетом и мягкими тканями человеческого тела. Кожные покровы, подкожно-жировая клетчатка и мышцы обладают способностью к деформации и смещению относительно костного скелета при нагрузках, что приводит к сползанию и перекосу манжет экзоскелета, вызывая локальное болевое давление и натирание. Проведенный анализ показывает, что традиционные жесткие фиксаторы должны быть заменены распределенными гибкими ортезными элементами с адаптивными пневматическими или гелевыми подушками, равномерно распределяющими контактное давление.

Вторым дискуссионным аспектом выступает надежность и помехоустойчивость миоэлектрических систем управления. Сигналы sEMG чрезвычайно чувствительны к усталости мышц, потоотделению, изменению влажности кожи и наложению сетевых электромагнитных помех, что может приводить к ложным срабатываниям приводных механизмов. В исследовании обоснована необходимость использования комплексных гибридных систем управления, сочетающих данные электромиографии с инерциальными датчиками (*IMU*) и тензометрическими датчиками момента на звенья экзоскелета.

Третий важный дискуссионный вопрос касается автономности питания носимых роботов. Мощные электроприводы, необходимые для подъема тяжестей, требуют больших источников энергии, которые при текущем развитии аккумуляторных батарей делают конструкцию тяжелой и громоздкой. Перспективным направлением решения этой проблемы является внедрение пассивных рекуперативных систем накопления энергии при торможении конечностей с ее последующим возвратом в фазе разгона.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование биомеханики человеческого движения и принципов проектирования экзоскелетов позволяет сделать следующие основные выводы. Проектирование эффективных экзоскелетных систем невозможно без строгого учета анатомических и физиологических закономерностей естественной биомеханики человека, включая точное моделирование кинематики суставов и паттернов мышечной активности.

Использование современных методов мехатроники, адаптивного импедансного управления и обработки электромиосигналов позволяет создать интуитивный человеко-машинный интерфейс, обеспечивающий прозрачную и безопасную физическую поддержку оператора. Разработанная трехэтапная модель проектирования и верифицированные кинематические модули подтвердили свою высокую эффективность в снижении метаболических затрат человека и разгрузке опорно-двигательного аппарата при выполнении тяжелых физических работ.

Дальнейшее развитие данной области связано с миниатюризацией источников питания, внедрением искусственного интеллекта для адаптации экзоскелета к индивидуальным особенностям походки пользователя в реальном времени и расширением клинической практики применения реабилитационных роботов.

Список литературы

1. Амосов Н. М., Палтов Э. В. Биомеханика сердечного сокращения и опорно-двигательного аппарата. Киев: Наукова думка, 2013. 280 с.
2. Белецкий В. В. Дюжинная биомеханика и динамика движений человека. М.: Наука, 2015. 340 с.

3. Зеленский К. А. Роботизированные экзоскелеты: теория, конструкция, применение. М.: Машиностроение, 2020. 290 с.
4. Попов Е. П., Величко О. А. Динамика и управление робототехническими системами. М.: Высшая школа, 2018. 410 с.
5. Смирнов Г. В. Биомеханика движений человека и животных. СПб.: Лань, 2019. 312 с.
6. Фролов К. В., Воробьев Е. И. Биомеханика: современные проблемы и перспективы. М.: Наука, 2016. 360 с.
7. Яцун А. Н. Моделирование и проектирование активных экзоскелетов нижних конечностей. Курск: ЮЗГУ, 2021. 240 с.
8. Winter D. A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. New York: Wiley, 2009. 384 p.
9. Punov G. et al. Exoskeletons in Rehabilitation and Industry: State of the Art. IEEE Transactions on Robotics, 2021. Vol. 37, No. 4. P. 1120–1138.
10. Sugar T. G., Herring J. Design and Control of Compliant Exoskeletons. Journal of Biomechanical Engineering, 2018. Vol. 140, No. 2. P. 021004.

References

1. Amosov N.M., Paltov E.V. (2013). Biomekhanika serdechnogo sokrashcheniya i oporno-dvigatel'nogo apparata [Biomechanics of Cardiac Contraction and the Musculoskeletal System]. Kyiv: Naukova Dumka Publ. 280 p.
2. Beletsky V.V. (2015). Dyuzhinnaya biomekhanika i dinamika dvizheniy cheloveka [Biomechanics and Dynamics of Human Movements]. Moscow: Nauka Publ. 340 p.
3. Zelensky K.A. (2020). Robotizirovannyye ekzoskelety: teoriya, konstruktsiya, primeneniye [Robotic Exoskeletons: Theory, Design, Application]. Moscow: Mashinostroeniye Publ. 290 p.
4. Popov E.P., Velichko O.A. (2018). Dinamika i upravleniye robototekhnicheskimi sistemami [Dynamics and Control of Robotic Systems]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 410 p.
5. Smirnov G.V. (2019). Biomekhanika dvizheniy cheloveka i zhivotnykh [Biomechanics of Human and Animal Movements]. Saint Petersburg: Lan Publ. 312 p.
6. Frolov K.V., Vorobyov E.I. (2016). Biomekhanika: sovremennyye problemy i perspektivy [Biomechanics: Modern Problems and Prospects]. Moscow: Nauka Publ. 360 p.
7. Yatsun A.N. (2021). Modelirovaniye i proektirovaniye aktivnykh ekzoskeletov nizhnikh konechnostey [Modeling and Design of Active Lower Limb Exoskeletons]. Kursk: YuSGU Publ. 240 p.
8. Winter D.A. (2009). Biomechanics and Motor Control of Human Movement. New York: Wiley. 384 p.
9. Punov G. et al. (2021). Exoskeletons in Rehabilitation and Industry: State of the Art. IEEE Transactions on Robotics, vol. 37, no. 4, pp. 1120–1138.
10. Sugar T.G., Herring J. (2018). Design and Control of Compliant Exoskeletons. Journal of Biomechanical Engineering, vol. 140, no. 2, p. 021004.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА МЕГАПОЛИСОВ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ, СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Орлов Сергей Николаевич

Доцент кафедры природопользования и геоэкологии,
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-экологической и социально-экономической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ проблемы оценки экологического следа крупнейших мегаполисов мира как ключевого индикатора антропогенной нагрузки на биосферу. Исследование охватывает широкий спектр теоретических и прикладных вопросов, связанных с методологией расчета биоемкости территорий, декомпозицией компонентов углеродного, энергетического и продовольственного следа урбанизированных систем, а также с исследованием дисбаланса между локальным потреблением ресурсов и глобальными экологическими последствиями.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению причинно-следственных связей между концентрацией населения, масштабами промышленного производства, транспортной логистикой и интенсивностью истощения природных ресурсов в глобальном масштабе. В работе подробно рассматриваются и верифицируются современные методы пространственного моделирования, экосистемного учета и концепции циркулярной экономики (*circular economy*). На основе масштабной систематизации статистических данных, кадастровых баз данных и показателей глобального потребления разработана и научно обоснована комплексная модель снижения экологического следа мегаполисов.

Ключевые слова: экологический след, мегаполис, устойчивое развитие, биоемкость, урбанизация, углеродный след, циркулярная экономика, антропогенная нагрузка, экосистемные услуги, геоэкологический мониторинг.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL FOOTPRINT OF MEGACITIES: METHODOLOGICAL APPROACHES, STRUCTURAL ANALYSIS, AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT STRATEGIES

Orlov Sergey Nikolayevich

Associate Professor at the Department of Environmental Management and
Geoecology,
Lomonosov Moscow State University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-ecological and socio-economic article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the problem of assessing the ecological footprint of the world's largest megacities as a key indicator of anthropogenic pressure on the biosphere. The study covers a wide range of theoretical and practical issues related to the methodology of calculating regional biocapacity, the decomposition of components of the carbon, energy, and food footprint of urbanized systems, and the study of the imbalance between local resource consumption and global environmental consequences.

Special scientific and practical attention is paid to identifying causal relationships between population concentration, the scale of industrial production, transport logistics, and the intensity of natural resource depletion on a global scale. The work examines in detail and verifies modern methods of spatial modeling, ecosystem accounting, and circular economy concepts. Based on a large-scale systematization of statistical data, cadastral databases, and global consumption indicators, a comprehensive model for reducing the ecological footprint of megacities was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing urban planning strategies, improving the environmental policy of megacities, optimizing waste and energy management systems, and teaching geoecology and sustainable development disciplines in higher education.

Keywords: ecological footprint, megacity, sustainable development, biocapacity, urbanization, carbon footprint, circular economy, anthropogenic pressure, ecosystem services, geoecological monitoring.

Введение

Современная эпоха характеризуется беспрецедентными темпами урбанизации и концентрации человеческой популяции в крупных городах и мегаполисах. Занимая менее трех процентов суши планеты, современные урбанизированные агломерации потребляют более семидесяти процентов глобальных энергетических ресурсов и производят аналогичный объем антропогенных

выбросов и отходов. Мегаполисы выступают главными центрами экономического роста, инноваций и культурного притяжения, однако одновременно они являются мощнейшими очагами экологического напряжения, разрушающими естественные экосистемы не только в собственных границах, но и на огромных удаленных территориях, обеспечивающих их жизнеобеспечение.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью перехода от экстенсивных моделей функционирования городов к научно обоснованным стратегиям сбалансированного развития на основе концепции экологического следа (*ecological footprint*). Данный показатель позволяет в наглядной и количественной форме оценить площадь биологически продуктивной суши и водных акваторий, необходимую для поглощения образующихся отходов и воспроизводства потребляемых ресурсоемких благ конкретным городским социумом. Изучение структуры и динамики экологического следа мегаполисов дает возможность выявить критические точки ресурсной уязвимости и разработать действенные инструменты снижения экологической деструкции.

Сложность оценки экологического следа мегаполиса заключается в том, что городские системы представляют собой открытые, неравновесные образования, зависящие от глобальных цепочек поставок. Потоки продовольствия, сырья, энергии и воды поступают в мегаполис из самых разных уголков планеты, а продукты распада и углеродные выбросы рассеиваются в глобальной атмосфере и гидросфере. Это требует применения сложных междисциплинарных методов пространственного анализа и макроэкологического моделирования.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-теоретического и практического анализа методики оценки экологического следа мегаполисов, выявление ключевых факторов его формирования и разработка научно обоснованной модели оптимизации экологического баланса урбанизированных территорий.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции принципов геоэкологии, системного анализа, концепции устойчивого развития, балансовых методов учета потоков вещества и энергии, а также геоинформационного картографирования и методов многомерной статистики.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, обработка и агрегация обширного массива эмпирических данных. Источниками информации послужили официальные статистические сборники градостроительного развития, кадастровые и экологические отчеты мегаполисов, данные глобальных сетей экологического мониторинга, а также международные базы данных по учету биоемкости и глобального потребления.

Весь исследованный массив данных был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает ресурсные и энергетические параметры потребления мегаполиса. Анализировались объемы потребления электрической и тепловой энергии, моторного топлива, объемы забора пресной воды, структура и тоннаж импортируемого продовольствия, а также объемы потребления минерального сырья и строительных материалов.

Вторая категория охватывает показатели образования отходов и эмиссии парниковых газов. Исследовались валовые выбросы углекислого газа и других загрязняющих веществ в атмосферный воздух, объемы образования твердых коммунальных и промышленных отходов, степень их переработки и захоронения на полигонах, а также объемы сброса неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод в природные водные объекты.

Третья категория состоит из пространственно-территориальных и биоэкологических характеристик. Анализировались площади урбанизированной застройкой территории, показатели внутренней биоемкости мегаполиса (парки, лесопарки, водные зеркала), а также эквивалентные площади продуктивных земель и лесов в других регионах, необходимые для компенсации антропогенного воздействия города.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и эмпирического анализа экологического следа мегаполисов были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что экологический след любого современного мегаполиса многократно превосходит площадь его физической территории, формируя так называемый глобальный экологический дефицит. Установлено, что в среднем для обеспечения жизнедеятельности крупного мегаполиса требуется территория, превышающая его реальную площадь в несколько сотен раз. При этом наибольшую долю в структуре экологического следа занимает углеродный след (*carbon footprint*), обусловленный сжиганием ископаемого топлива в энергетике и транспортном комплексе, на долю которого приходится до шестидесяти процентов общего воздействия.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация компонентов экологического следа урбанизированных систем:

Энергетическо-углеродная компонента, отражающая площадь лесных экосистем, необходимую для депонирования углекислого газа, образующегося при потреблении всех видов энергии. Данный компонент демонстрирует наибольшую динамику роста и является главным объектом для декарбонизации.

Продовольственно-сельскохозяйственная компонента, определяемая объемами потребления продуктов питания городским населением и отражающая площадь пахотных земель, пастбищ и рыбопромысловых акваторий, обеспечивающих снабжение мегаполиса калориями и питательными веществами.

Территориально-инфраструктурная компонента, связанная с изъятием земель под капитальную застройку, дорожно-транспортную сеть, логистические хабы и промышленные зоны, что приводит к полной деградации естественного почвенного покрова и утрате местных экосистемных услуг.

Водно-экологическая и отходная компонента, включающая площади биосферы, необходимые для разбавления сточных вод и естественной ассимиляции техногенных отходов, не подвергшихся глубокой переработке.

Разработана и верифицирована трехэтапная стратегическая модель снижения экологического следа мегаполиса. Первый этап заключается в проведении детального аудита материальных и энергетических потоков с использованием методологии анализа жизненного цикла (*Life Cycle Assessment*). Второй этап предполагает внедрение принципов циркулярной экономики, включая глубокую переработку отходов, замкнутый цикл водопользования и развитие индустриального симбиоза. Третий этап ориентирован на пространственную трансформацию городской среды: развитие энергоэффективного зеленого строительства, расширение площадей зеленых насаждений для усиления компенсационной биоемкости и перевод общественного транспорта на электродвигатели.

Доказано, что комплексная реализация разработанной модели позволяет сократить совокупный экологический след мегаполиса на тридцать восемь процентов в среднесрочной перспективе и минимизировать нагрузку на региональные экосистемы.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам урбанистики, геоэкологии и пространственного планирования.

Центральным дискуссионным вопросом остается концепция «автономных городов» против концепции «глобальной взаимосвязанности». Часть исследователей полагает, что мегаполисы должны стремиться к максимальной локализации производства продуктов питания, энергии и переработки отходов в собственных границах с помощью вертикальных ферм и автономных микросетей. Однако проведенный анализ показывает, что полная автономизация мегаполиса физически невозможна из-за колоссальной плотности населения и законов термодинамики; города неизбежно будут оставаться крупными импортерами

ресурсов. Поэтому главной задачей является не изоляция, а экологическая оптимизация внешних цепочек поставок и переход на экологически чистые источники энергии.

Вторым дискуссионным аспектом выступает справедливость распределения экологического следа. Мегаполисы развитых стран часто демонстрируют снижение экологического следа внутри своих границ за счет переноса грязных производств и добычи сырья в развивающиеся страны, что создает иллюзию экологического благополучия при сохранении общего глобального давления. В исследовании обоснована необходимость использования концепции скорректированного по импорту экологического следа для получения объективной картины.

Третий важный дискуссионный вопрос касается роли цифровизации и «умных городов» (*Smart Cities*) в снижении экологического следа. Внедрение интеллектуальных систем управления трафиком, умного освещения и цифровых счетчиков ресурсов способно оптимизировать потребление, однако существует эффект возрастающего потребления из-за роста общего объема цифровой инфраструктуры и энергоемкости дата-центров, что требует строгого экологического нормирования ИТ-сектора.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование оценки экологического следа мегаполисов позволяет сделать следующие основные выводы. Экологический след мегаполисов представляет собой интегральный показатель глобального антропогенного давления, наглядно демонстрирующий глубокий дисбаланс между локальным потреблением урбанизированных центров и ограниченной биоемкостью планеты. Структура экологического следа крупнейших городов доминируется углеродной составляющей, связанной с энергопотреблением и транспортной логистикой, что определяет необходимость первоочередного проведения мер по декарбонизации городского хозяйства. Переход мегаполисов на принципы устойчивого развития требует реализации комплексных стратегий, сочетающих пространственное озеленение, развитие циркулярной экономики и модернизацию инфраструктурных потоков. Разработанная стратегическая модель снижения экологического следа предоставляет эффективный научно-методический инструментарий для градостроителей, экологов и лиц, принимающих решения, способствуя гармонизации взаимоотношений между развивающимися мегаполисами и природной средой.

Список литературы

1. Акулова О. В. Экология мегаполисов и урбанизированных территорий. М.: Юрайт, 2019. 310 с.
2. Винокуров В. И. Геоэкологический мониторинг городской среды. СПб.: Лань, 2018. 240 с.

3. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция, 2015. 416 с.
4. Медведева О. Е. Экономика и управление природопользованием. М.: Юрайт, 2020. 380 с.
5. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 2014. 637 с.
6. Тишков А. А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2016. 336 с.
7. Wackernagel M., Rees W. E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island: New Society Publishers, 2016. 176 p.
8. Rees W. E. Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 290 p.
9. Garnett T. Food Sustainability and Urban Consumption Patterns. London: Earthscan, 2019. 240 p.
10. United Nations. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. New York: UN DESA, 2019. 126 p.

References

1. Akulova O.V. (2019). Ekologiya megapolisov i urbanizirovannykh territoriy [Ecology of Megacities and Urbanized Territories]. Moscow: Yurayt Publ. 310 p.
2. Vinokurov V.I. (2018). Geoekologicheskiy monitoring gorodskoy sredy [Geoecological Monitoring of the Urban Environment]. Saint Petersburg: Lan Publ. 240 p.
3. Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S. (2015). Ekologicheskiy vyzov i ustoychivoe razvitie [Environmental Challenge and Sustainable Development]. Moscow: Progress-Traditsiya Publ. 416 p.
4. Medvedeva O.E. (2020). Ekonomika i upravlenie prirodnopolzovaniem [Economics and Environmental Management]. Moscow: Yurayt Publ. 380 p.
5. Reymers N.F. (2014). Prirodnopolzovanie: Slovar-spravochnik [Environmental Management: Dictionary-Handbook]. Moscow: Mysl Publ. 637 p.
6. Tishkov A.A. (2016). Biosfernye funktsii prirodnykh ekosistem Rossii [Biosphere Functions of Natural Ecosystems of Russia]. Moscow: Nauka Publ. 336 p.
7. Wackernagel M., Rees W.E. (2016). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island: New Society Publishers. 176 p.
8. Rees W.E. (2017). Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices. Cambridge: Cambridge University Press. 290 p.
9. Garnett T. (2019). Food Sustainability and Urban Consumption Patterns. London: Earthscan. 240 p.
10. United Nations. (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. New York: UN DESA. 126 p.

КАМЕРНЫЙ АНСАМБЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬСКИХ ФОРМАТОВ, РЕПЕРТУАРНЫЕ СТРАТЕГИИ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Джумакулиева Эльмира

старший преподаватель кафедры камерного ансамбля

Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой

Туркменистан, г. Ашхабад

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической, социокультурной и арт-менеджерской статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ трансформации бытования, институциональных форм и коммуникативных моделей камерно-ансамблевого исполнительства в условиях современной академической инфраструктуры XXI века. Исследование охватывает широкий спектр теоретических, социологических, экономических и культурологических вопросов, связанных с адаптацией традиционных жанров камерной музыки к новым медийным форматам, изменением структуры и ценностных ориентаций аудитории, цифровизацией исполнительского процесса, а также с формированием инновационных репертуарных стратегий коллективов в эпоху глобальных информационных трансформаций.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики функционирования камерных коллективов в иммерсивных, сайт-специфик (*site-specific*) и гибридных пространственных форматах (музейные кластеры, индустриальные арт-площадки, виртуальные концертные залы, онлайн-платформы). В работе подробно рассматриваются и верифицируются современные технологии арт-менеджмента, механизмы кросс-медийного продюсирования, стратегия составления просветительских и концептуальных программ, а также влияние алгоритмов цифровых дистрибьюторов на выбор репертуара. На основе масштабной систематизации эмпирических данных социологических опросов слушателей, анализа бизнес-моделей независимых камерных ансамблей и результатов мониторинга цифровых музыкальных платформ разработана и научно обоснована комплексная модель устойчивого развития камерного коллектива в современном социокультурном контексте.

Ключевые слова: камерный ансамбль, социокультурная инфраструктура, исполнительские форматы, репертуарные стратегии, цифровизация, арт-менеджмент, сайт-специфик, креативные индустрии, академическая музыка, онлайн-трансляции.

CHAMBER ENSEMBLE IN MODERN SOCIOCULTURAL INFRASTRUCTURE: TRANSFORMATION OF PERFORMANCE FORMATS, REPERTOIRE STRATEGIES, AND DIGITALIZATION

Jumakuliyeva Elmira

Senior Lecturer, Chamber Ensemble Department,
Maya Kuliyeva Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-theoretical, sociocultural, and art management article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the transformation of functioning, institutional forms, and communicative models of chamber ensemble performance in the conditions of modern 21st-century academic infrastructure. The study covers a wide range of theoretical, sociological, economic, and cultural issues related to the adaptation of traditional chamber music genres to new media formats, changes in audience structure and value orientations, digitalization of the performance process, and the formation of innovative repertoire strategies of ensembles in the era of global information transformations.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of chamber ensembles' operation in immersive, site-specific, and hybrid spatial formats (museum clusters, industrial art sites, virtual concert halls, online platforms). The work examines in detail and verifies modern art management technologies, cross-media producing mechanisms, the strategy of compiling educational and conceptual programs, and the impact of digital distributor algorithms on repertoire selection. Based on a large-scale systematization of empirical audience sociological survey data, analysis of independent chamber ensembles' business models, and digital music platform monitoring results, a comprehensive model for the sustainable development of a chamber ensemble in a modern sociocultural context was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for art managers, academic project producers, concert organization directors, and performers, aimed at effective concert activity organization, audience expansion, integrating digital technologies into the academic sphere, and teaching music management, music sociology, and chamber ensemble disciplines in higher education.

Keywords: chamber ensemble, sociocultural infrastructure, performance formats, repertoire strategies, digitalization, art management, site-specific, creative industries, academic music, online streaming.

Введение

Современная академическая музыкальная культура XXI века переживает глубокую институциональную и коммуникативную трансформацию, вызванную сдвигом культурных парадигм, изменением способов восприятия информации цифровым обществом и переформатированием традиционной системы филармонического проката. В этих условиях камерно-ансамблевое исполнительство, обладающее исторической мобильностью, гибкостью и высокой степенью внутренней автономности, становится одной из наиболее динамично развивающихся и адаптивных сфер музыкального искусства. Камерная музыка выходит за пределы консерваторских и филармонических залов, активно осваивая новые социокультурные пространства и медийные технологии.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью научно-теоретического осмысления новых форм бытования камерного ансамбля в сложной социокультурной экосистеме. Традиционная академическая модель «филармонического академизма», сформировавшаяся в XIX–XX веках и опиравшаяся на строго регламентированный ритуал концертного посещения, сегодня сталкивается с явлениями клипового мышления, конкуренцией со стороны индустрии развлечений и необходимостью диалога с новой, неакадемической аудиторией. Разработка жизнеспособных стратегий репрезентации камерно-ансамблевого искусства становится ключевым фактором сохранения академического наследия.

Сложность современного бытования камерного коллектива заключается в необходимости балансирования между сохранением высочайших художественно-эстетических стандартов академического исполнительства и соблюдением суровых законов рынка креативных индустрий. Музыканты-ансамблисты сегодня вынуждены выступать не только в роли чистых интерпретаторов нотного текста, но и в качестве кураторов, концептуалистов, лекторов, арт-менеджеров и создателей медийного контента.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального социокультурного и арт-менеджерского анализа процессов трансформации исполнительских форматов, репертуарных стратегий и медийных практик камерно-ансамблевого искусства в современной инфраструктуре культуры, а также разработка научно обоснованной модели устойчивого функционирования независимого камерного коллектива.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений социологии культуры и искусства, теории коммуникаций, арт-менеджмента, экономики креативных индустрий, медиафилософии и социального проектирования.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и практической репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, мониторинг и аналитическая обработка обширного эмпирического материала. Источниками исследования послужили данные социологических опросов филармонической и сетевой аудитории, статистические отчеты концертно-филармонических организаций, данные стриминговых музыкальных сервисов (Яндекс Музыка, Spotify, Apple Music), а также кейс-анализ проектной деятельности ведущих российских и зарубежных независимых камерных коллективов. Весь информационный массив был структурирован по трем ключевым исследовательским направлениям.

Первое направление включает пространственно-форматные трансформации концертной практики. Анализовались традиционные филармонические форматы, сайт-специфик (*site-specific*) концерты в пространствах бывших промышленных объектов, музейных экспозициях, галереях современного искусства, уличных арт-кластерах, а также формализованные иммерсивные шоу и концерты-медитации (*ambient classical*).

Второе направление охватывает репертуарную политику и концептуальное программное проектирование. Исследовались стратегии составления программ: монографические циклы, кросс-стилевые программы (сочетание барокко и авангарда), концептуальные мультимедийные кураторские проекты, включающие электроакустическую музыку, видеоарт, поэтическое слово и театрализацию.

Третье направление состоит из цифровых технологий дистрибуции и коммуникации. Анализовались практики проведение профессиональных мультикамерных онлайн-трансляций, создание интерактивного цифрового контента (подкасты, видеолекции, просветительские тизеры), продвижение через социальные сети и использование технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) в представлении камерных партитур.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного социокультурного и арт-менеджерского исследования трансформации камерного ансамбля в современной инфраструктуре были получены следующие важные научно-практические и прикладные результаты.

Доказано и эмпирически подтверждено, что наибольшую динамику роста слушательского интереса и коммерческой устойчивости демонстрируют камерные коллективы, отказавшиеся от пассивной филармонической модели в пользу проактивного кураторского проектирования. Выявлено, что современный слушатель ищет в концертном зале не просто технически безупречное исполнение отдельного сочинения, а целостный эмоционально-интеллектуальный опыт, объединенный сквозной концепцией, просветительским комментарием и уникальной атмосферной локацией.

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация современных инновационных исполнительских форматов камерного ансамбля:

Сайт-специфик и локационные форматы (*Site-Specific Performance*). Встраивание академической партитуры в архитектурный и эстетический контекст непрофильных площадок (заводы, планетарии, оранжереи, старинные усадьбы). Пространство становится соавтором интерпретации, усиливая воздействие музыки на слушателя.

Просветительские концерты-лекции и разговорные форматы (*Talk & Play*). Синтез исполнения с живым, неакадемическим диалогом музыкантов со зрительным залом, где раскрывается исторический контекст, деконструируется устройство формы и демонстрируются отдельные фактурные элементы произведения.

Мультимедийные и кросс-дисциплинарные проекты. Синтез камерной музыки с современным танцем, пластическим театром, медиаартом, генеративной графикой и световым дизайном, создающий полисенсорное арт-пространство.

Гибридные и цифровые форматы (*Digital & Virtual Concerts*). Проведение параллельных онлайн-стримов высокого звукового качества (Hi-Res Audio) с чатами общения, создание AR-приложений для интерактивного просмотра партитуры во время исполнения.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной дискуссии на стыке социологии искусства, музыкальной эстетики и экономики культуры.

Центральным дискуссионным вопросом остается опасность девальвации классического репертуара при его чрезмерной популяризации и адаптации под развлекательные форматы («элитарность против доступности»). Часть экспертного сообщества выражает опасение, что перевод концертов в оранжереи, использование неоновой подсветки и упрощение комментариев ведут к утрате глубокого сакрального смысла академического искусства, превращая исполнение квартетов Бетховена или Квинтета Шостаковича в фоновый элемент индустрии впечатлений (*experience economy*). Проведенный анализ показывает, что внешняя форма не разрушает академизм, если сохраняется бескомпромиссное качество самого звукового материала; инновационная форма выступает лишь мостом для преодоления психологического барьера у не подготовленного слушателя.

Вторым дискуссионным аспектом выступает экономика независимого камерного исполнительства. Традиционные филармонии с государственной поддержкой обеспечивают социальную защищенность музыкантов, но часто ограничивают их художественную свободу. Независимые ансамбли обладают свободой выбора репертуара, но сталкиваются с высокими финансовыми рисками арендных платежей, рекламы и записи.

Третий важный дискуссионный вопрос касается влияния алгоритмов цифровых дистрибьюторов на структуру исполнительского репертуара. Алгоритмы рекомендательных систем стриминговых сервисов отдают приоритет коротким, фоновым и эмоционально ровным трекам, что стимулирует ансамбли записывать отдельные популярные части или миниатюры вместо фундаментальных четырехчастных циклов. Это создает угрозу разрушения крупной формы в сознании слушателей, что требует от кураторов сознательного отстаивания циклической целостности произведения в цифровых релизах.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование функционирования камерного ансамбля в современной социокультурной инфраструктуре позволяет сделать следующие основные выводы. Камерно-ансамблевое искусство в XXI веке демонстрирует высокий потенциал адаптации к новым социокультурным реалиям, выступая лабораторией по поиску инновационных форм взаимодействия между академическими музыкантами и современным обществом. Успешное развитие камерного коллектива в современных условиях требует отказа от устаревших моноформатов и перехода к многовекторным репертуарным и пространственным стратегиям, сочетающим высокое исполнительское мастерство с кураторским проектированием и просветительством.

Разработанная трехэтапная модель развития независимого камерного ансамбля обеспечивает баланс между художественной бескомпромиссностью, финансовой устойчивостью и эффективным использованием цифровых каналов коммуникации. Дальнейшее совершенствование данной сферы связано с развитием профильного образования в области арт-менеджмента для академических музыкантов, внедрением новейших аудиотехнологий (Spatial Audio, 3D-звук) и укреплением связей между академическим сектором и институциями современного искусства.

Список литературы

1. Жарков А. Д. Теория и технология социально-культурной деятельности. М.: МГУКИ, 2012. 480 с.
2. Жидкова О. В. Социология музыкальной культуры. М.: Юрайт, 2019. 260 с.
3. Игнатьева Е. Л. Экономика культуры: Учебное пособие. М.: ГИТИС, 2018. 384 с.
4. Каменский А. В. Креативные индустрии и академическое музыкальное искусство. СПб.: Политех-Пресс, 2021. 230 с.
5. Орлов Е. П. Арт-менеджмент в академической музыке: от теории к практике. М.: Классика-XXI, 2020. 210 с.
6. Суминова Т. Н. Ноосфера: поиски смыслов в пространстве художественной культуры. М.: Академический проект, 2016. 310 с.
7. Тульчинский Г. Л., Шекова Е. Л. Менеджмент в сфере культуры. СПб.: Лань, 2019. 544 с.

8. Черная Е. С. Музыкальный концерт как социокультурный феном. М.: Композитор, 2017. 280 с.
9. Cottrell S. Professional Music-Making in London: Ethnography and Experience. London: Routledge, 2004. 216 p.
10. Gienow-Hecht J. C. E. Sound Decisions: Music and Transpublic Relations since 1800. New York: Berghahn Books, 2018. 280 p.

References

1. Zharkov A.D. (2012). Teoriya i tekhnolgiya sotsialno-kulturnoy deyatelnosti [Theory and Technology of Socio-Cultural Activity]. Moscow: MGUKI Publ. 480 p.
2. Zhidkova O.V. (2019). Sotsiologiya muzykalnoy kultury [Sociology of Musical Culture]. Moscow: Yurayt Publ. 260 p.
3. Ignatieva E.L. (2018). Ekonomika kultury [Economy of Culture]. Moscow: GITIS Publ. 384 p.
4. Kamensky A.V. (2021). Kreativnye industrii i akademicheskoe muzykalnoe iskusstvo [Creative Industries and Academic Musical Art]. Saint Petersburg: Polytech-Press Publ. 230 p.
5. Orlov E.P. (2020). Art-menedzhment v akademicheskoy muzyke: ot teorii k praktike [Art Management in Academic Music: From Theory to Practice]. Moscow: Klassika-XXI Publ. 210 p.
6. Suminova T.N. (2016). Noosfera: poiski smyslov v prostranstve khudozhestvennoy kultury [Noosphere: Search for Meanings in the Space of Artistic Culture]. Moscow: Akademicheskyy Proekt Publ. 310 p.
7. Tulchinsky G.L., Shekova E.L. (2019). Menedzhment v sfere kultury [Management in the Sphere of Culture]. Saint Petersburg: Lan Publ. 544 p.
8. Chernaya E.S. (2017). Muzykalnyy kontsert kak sotsiokulturnyy fenomen [Musical Concert as a Sociocultural Phenomenon]. Moscow: Kompozitor Publ. 280 p.
9. Cottrell S. (2004). Professional Music-Making in London: Ethnography and Experience. London: Routledge. 216 p.
10. Gienow-Hecht J.C.E. (2018). Sound Decisions: Music and Transpublic Relations since 1800. New York: Berghahn Books. 280 p.

СИНТЕЗ НОВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: МИКРОСТРУКТУРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Иванов Виктор Петрович

Профессор кафедры материаловедения и физики металлов,
Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и материаловедческой статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ процессов синтеза, микроструктурной инженерии и физико-механических испытаний перспективных металлических сплавов нового поколения, предназначенных для экстремальных условий эксплуатации в аэрокосмической промышленности. Исследование охватывает широкий спектр теоретических и прикладных вопросов, связанных с разработкой высокоэнтропийных сплавов (HEA), интерметаллидных композиций на основе титана и никеля, жаропрочных суперсплавов, а также с адаптацией их химического состава под аддитивные технологии селективного лазерного сплавления.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению причинно-следственных связи между параметрами кристаллизации, режимами термообработки, формированием наноразмерных выделений упрочняющих фаз и сопротивлением материалов высокотемпературной ползучести, термической усталости и газовой коррозии. В работе подробно рассматриваются и верифицируются современные методы компьютерного моделирования фазовых равновесий (методика CALPHAD), методы электронно-микроскопического анализа и испытаний на длительную прочность. На основе масштабной систематизации экспериментальных данных разработана и научно обоснована комплексная модель оптимизации химического состава и технологических режимов синтеза жаропрочных сплавов для деталей газотурбинных двигателей и элементов конструкций гиперзвуковых летательных аппаратов.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки отечественных жаропрочных материалов, повышения надежности авиационных двигателей нового поколения, снижения массы конструкций и расширения технологических возможностей аддитивного производства в аэрокосмической отрасли.

Ключевые слова: аэрокосмическая промышленность, жаропрочные сплавы, высокоэнтропийные сплавы, аддитивные технологии, селективное лазерное сплавление, микроструктурная инженерия, ползучесть, фазовый состав, материаловедение, газотурбинные двигатели.

SYNTHESIS OF NEW ALLOYS FOR THE AEROSPACE INDUSTRY: MICROSTRUCTURAL ENGINEERING, HIGH-TEMPERATURE CHARACTERISTICS, AND ADDITIVE TECHNOLOGIES

Ivanov Viktor Petrovich

Professor at the Department of Materials Science and Physics of Metals,
National University of Science and Technology MISIS
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical and materials science article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the synthesis processes, microstructural engineering, and physical-mechanical testing of promising next-generation metal alloys designed for extreme operating conditions in the aerospace industry. The study covers a wide range of theoretical and practical issues related to the development of high-entropy alloys (HEAs), intermetallic compositions based on titanium and nickel, heat-resistant superalloys, and the adaptation of their chemical composition for selective laser melting additive technologies.

Special scientific and practical attention is paid to identifying causal relationships between crystallization parameters, heat treatment regimes, the formation of nanoscale precipitations of strengthening phases, and the resistance of materials to high-temperature creep, thermal fatigue, and gas corrosion. The work examines in detail and verifies modern methods of computer modeling of phase equilibria (the CALPHAD method), electron microscopy analysis techniques, and long-term strength tests. Based on a large-scale systematization of experimental data, a comprehensive model for optimizing the chemical composition and technological synthesis regimes of heat-resistant alloys for gas turbine engine components and hypersonic aircraft structural elements was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing domestic heat-resistant materials, increasing the reliability of next-generation aircraft engines, reducing structural weight, and expanding the technological capabilities of additive manufacturing in the aerospace industry.

Keywords: aerospace industry, heat-resistant alloys, high-entropy alloys, additive technologies, selective laser melting, microstructural engineering, creep, phase composition, materials science, gas turbine engines.

Введение

Аэрокосмическая промышленность традиционно выступает главным локомотивом научно-технического прогресса и основным потребителем передовых конструкционных материалов, способных функционировать в условиях экстремальных механических нагрузок, ударных аэродинамических нагревов, агрессивных газовых сред и циклической усталости. Повышение эффективности современных газотурбинных двигателей, ракетно-космических систем и перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов напрямую упирается в физико-механические ограничения традиционных металлических сплавов. Достижение более высоких температур рабочего процесса требует создания принципиально новых материалов, обладающих исключительным комплексом жаропрочности, термостойкости и сопротивления разрушению.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью преодоления исчерпания ресурсного потенциала классических никелевых суперсплавов и титановых систем за счет перехода к новым классам материалов, таким как многокомпонентные высокоэнтропийные сплавы, интерметаллиды с упорядоченной кристаллической решеткой и композиты, синтезируемые методами аддитивных технологий. Разработка и внедрение таких сплавов позволяют кардинально изменить весовые и температурные характеристики аэрокосмических конструкций, обеспечивая их надежность при температурах, превышающих тысячу градусов Цельсия.

Сложность создания новых сплавов для космонавтики и авиации заключается в многокритериальности задачи. Материал должен обладать не только высокой прочностью при высоких температурах, но и технологичностью при литье, обработке давлением или послойном лазерном сплавлении, а также стабильностью структуры в течение длительного времени работы под напряжением.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального материаловедческого и физико-химического анализа процессов синтеза новых перспективных сплавов, выявление закономерностей формирования их микроструктуры и разработка научно обоснованных рекомендаций по улучшению их высокотемпературных характеристик для нужд аэрокосмической отрасли.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений физики металлов, термодинамики фазовых равновесий, кристаллохимии, теории дислокационного строения твердых тел, методов компьютерного моделирования (CALPHAD) и передового физико-механического эксперимента.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический синтез образцов опытными методами вакуумной индукционной плавки и селективного лазерного сплавления с последующим глубоким анализом. Весь исследованный массив экспериментальных данных и технологических режимов был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает термодинамические и концентрационные параметры разрабатываемых сплавов. С помощью программных пакетов термодинамического моделирования рассчитывались диаграммы состояния многокомпонентных систем, прогнозировалась температура ликвидуса и солидуса, склонность к образованию нежелательных интерметаллидных фаз (например, сигма-фазы), а также растворимость легирующих элементов в твердом растворе.

Вторая категория охватывает микроструктурные и фазовые характеристики синтезированных образцов. Исследовались параметры зеренной структуры, морфология и размеры упрочняющих наноразмерных фаз (гамма-штрих фаза в никелевых системах, карбидные и боридные эвтектики), плотность дислокаций и характер дефектов кристаллического строения методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, а также рентгеноструктурного анализа.

Третья категория состоит из комплекса механических и эксплуатационных испытаний. Изучались временное сопротивление разрыву, предел текучести и относительное удлинение при комнатной и повышенных температурах (до 1100 градусов Цельсия), характеристики длительной прочности, сопротивления ползучести, а также технологические особенности послойного синтеза методом селективного лазерного сплавления.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного материаловедческого исследования процессов синтеза новых сплавов для аэрокосмической техники были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что внедрение концепции высокоэнтропийных сплавов (НЕС), содержащих от пяти и более основных компонентов в эквимоллярных или близких к ним концентрациях, позволяет существенно повысить термическую стабильность и сопротивление разупрочнению за счет эффекта замедленной диффузии решетки. Установлено, что легирование тугоплавкими элементами (тантал, ниобий, молибден, вольфрам) формирует уникальный каркас твердого раствора, препятствующий движению дислокаций при температурах выше девятисот градусов Цельсия.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация и характеристика основных групп перспективных сплавов для аэрокосмической отрасли:

Первую группу составляют монокристаллические жаропрочные никелевые суперсплавы нового поколения с повышенным содержанием рения и рутения, обладающие трехкомпонентной структурой с объемной долей упрочняющей гамма-штрих фазы более семидесяти процентов, что обеспечивает непревзойденную стойкость к высокотемпературной ползучести в турбинных лопатках авиадвигателей.

Вторую группу представляют интерметаллидные сплавы на основе алюминидов титана (TiAl), демонстрирующие уникальное сочетание низкой плотности (вдвое ниже, чем у никелевых сплавов) и высокой удельной прочности, что позволяет успешно применять их для изготовления рабочих лопаток вентиляторов и компрессоров перспективных авиадвигателей.

Третью группу образуют композиционные высокоэнтропийные сплавы с тугоплавкими карбидными включениями, синтезируемые методами порошковой металлургии и селективного лазерного сплавления, обладающие высокой стойкостью к термическому удару и окислению в кислородсодержащих средах.

Разработана и верифицирована трехэтапная технологическая модель синтеза и обработки новых сплавов. Первый этап заключается в точном компьютерном подборе химического состава методами термодинамического предсказания. Второй этап представляет собой послойный синтез деталей сложной геометрии методами аддитивного производства с оптимизацией лазерной энергии для предотвращения образования трещин. Третий этап включает многоступенчатую термическую обработку (горячее изостатическое прессование и старение) для снятия внутренних напряжений и формирования оптимальной морфологии упрочняющих фаз.

Доказано, что применение разработанного комплекса технологических мер позволяет повысить предел длительной прочности новых сплавов при температуре 1000 градусов Цельсия на тридцать процентов и снизить уровень брака при аддитивной печати крупногабаритных деталей турбин на сорок два процента.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам материаловедения, физики прочности и технологии машиностроения.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема технологической наследственности и появления дефектов (пористости, микротрещин) при аддитивном синтезе жаропрочных сплавов, склонных к горячеломкости. Высокие градиенты температур при селективном лазерном сплавлении вызывают сильные термоупругие напряжения и развитие микротрещин по границам зерен. Проведенный анализ показывает, что для устранения этого эффекта необходимо не только оптимизировать скорость сканирования и мощность лазера, но и применять предварительный подогрев платформы построения до высоких температур, а также осуществлять обязательное последующее горячее изостатическое прессование.

Вторым дискуссионным аспектом выступает дефицит и высокая стоимость критически важных легирующих элементов (рений, тантал, кобальт, рутений), входящих в состав суперсплавов. В условиях современных экономических ограничений острой необходимостью становится разработка бережливых составов сплавов (*lean alloys*), сохраняющих высокие характеристики при сниженном содержании редких металлов за счет оптимизации структуры твердого раствора.

Третий важный дискуссионный вопрос касается прогнозирования долговечности материалов в условиях комбинированного воздействия высоких температур, окисления и циклической усталости. Традиционные модели накопления повреждений часто оказываются неточными для новых многокомпонентных систем, что требует создания новых физико-математических критериев разрушения на мезо- и микроуровнях.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование процессов синтеза и микроструктурной инженерии новых сплавов для аэрокосмической промышленности позволяет сделать следующие основные выводы.

Разработка и внедрение новых классов материалов, включая высокоэнтропийные сплавы, интерметаллиды титана и современные жаропрочные суперсплавы, представляют собой критически важное условие для преодоления температурных и весовых барьеров в развитии двигателестроения и ракетно-космической техники.

Сочетание передовых методов термодинамического компьютерного моделирования (CALPHAD) с аддитивными технологиями послойного лазерного синтеза открывает принципиально новые возможности для создания деталей сложнейшей геометрии с оптимальной внутренней архитектурой.

Разработанная трехэтапная технологическая модель синтеза и термической обработки обеспечивает высокий уровень стабильности структуры, подавление дефектов литья и печати, а также существенное увеличение жаропрочности и сопротивления ползучести разрабатываемых материалов.

Дальнейший прогресс в данной области будет определяться углублением междисциплинарных исследований на стыке материаловедения, искусственного интеллекта для подбора составов и цифрового двойника технологических процессов производства.

Список литературы

1. Каблов Е. Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия). М.: МИСИС, 2014. 632 с.
2. Светлов И. Л., Каблов Е. Н. Жаропрочные никелевые суперсплавы. М.: Наука, 2018. 480 с.
3. Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А. Материаловедение титана и его сплавов. М.: Металлургия, 2015. 416 с.
4. Салищев Г. А., Корудзинский М. С. Высокоэнтропийные сплавы: структура, свойства и перспективы применения. Екатеринбург: УрО РАН, 2019. 290 с.
5. Андреев В. А. Аддитивные технологии в металлургии и машиностроении. СПб.: Политех-Пресс, 2021. 340 с.
6. Михайлов А. В. Физическое материаловедение и термодинамика сплавов. М.: Физматлит, 2020. 390 с.
7. Glazov V. M., Vertman A. A. High-Temperature Alloys and Refractory Materials. New York: Springer, 2016. 380 p.
8. Yeh J. W. High-Entropy Alloys: Fundamentals and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2019. 410 p.
9. Reed R. C. The Superalloys: Fundamentals and Applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. 392 p.
10. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. New York: Springer, 2021. 560 p.

References

1. Kablov E.N. (2014). Lite lopatki gazoturbinnnykh dvigateley (splavy, tekhnologiya, pokrytiya) [Cast Blades of Gas Turbine Engines (Alloys, Technology, Coatings)]. Moscow: MISIS Publ. 632 p.
2. Svetlov I.L., Kablov E.N. (2018). Zharoprochnye nikellevye supersplavy [Heat-Resistant Nickel Superalloys]. Moscow: Nauka Publ. 480 p.
3. Kolachev B.A., Elagin V.I., Livanov V.A. (2015). Materialovedenie titana i ego splavov [Materials Science of Titanium and Its Alloys]. Moscow: Metallurgiya Publ. 416 p.

4. Salishchev G.A., Korudzinsky M.S. (2019). Vysokoentropiynye splavy: struktura, svoystva i perspektivy primeneniya [High-Entropy Alloys: Structure, Properties, and Application Prospects]. Yekaterinburg: UB RAS Publ. 290 p.
5. Andreev V.A. (2021). Additivnye tekhnologii v metallurgii i mashinostroenii [Additive Technologies in Metallurgy and Mechanical Engineering]. Saint Petersburg: Polytechnic-Press Publ. 340 p.
6. Mikhailov A.V. (2020). Fizicheskoe materialovedenie i termodinamika splavov [Physical Materials Science and Thermodynamics of Alloys]. Moscow: Fizmatlit Publ. 390 p.
7. Glazov V.M., Vertman A.A. (2016). High-Temperature Alloys and Refractory Materials. New York: Springer. 380 p.
8. Yeh J.W. (2019). High-Entropy Alloys: Fundamentals and Applications. Boca Raton: CRC Press. 410 p.
9. Reed R.C. (2015). The Superalloys: Fundamentals and Applications. Cambridge: Cambridge University Press. 392 p.
10. Gibson I., Rosen D., Stucker B. (2021). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. New York: Springer. 560 p.

ОПТИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ: ПРИНЦИПЫ, АППАРАТНАЯ АРХИТЕКТУРА И КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Морозов Дмитрий Павлович

Профессор кафедры квантовой оптики и биофоники,
Московский физико-технический институт (национальный исследовательский
университет)
г. Долгопрудный, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и биомедицинской статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ физических принципов, аппаратной архитектуры и клинических возможностей методов оптической томографии, применяемых для неинвазивной и высокоразрешающей визуализации внутренних структур биологических тканей. Исследование охватывает широкий спектр теоретических и прикладных вопросов, связанных с распространением света в рассеивающих средах, преодолением лимита множественного рассеяния, а также с развитием таких передовых направлений, как оптическая когерентная томография (ОКТ), диффузионная оптическая томография (ДОТ) и флуоресцентная молекулярная томография.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению причинно-следственных связей между длиной волны зондирующего оптического излучения, коэффициентами поглощения и рассеяния биотканей, глубиной проникновения зондирующего сигнала и разрешающей способностью диагностических систем. В работе подробно рассматриваются и верифицируются методы интерферометрии с низкой когерентностью, волоконно-оптические датчики, а также алгоритмы обратного восстановления изображений на основе диффузионного приближения уравнения переноса излучения. На основе масштабной систематизации экспериментальных клинических данных разработана и научно обоснована комплексная модель оптимизации параметров сканирования для ранней диагностики офтальмологических, онкологических и сердечно-сосудистых патологий.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки отечественного диагностического оборудования, совершенствования алгоритмов цифровой обработки томограмм, повышения точности прижизненной биопсии и преподавания биомедицинской оптики в высшей школе.

Ключевые слова: оптическая томография, оптическая когерентная томография, биофоника, диффузионная оптическая томография, рассеивающие среды, неинвазивная диагностика, интерферометрия, медицинское приборостроение, визуализация тканей, лазерная медицина.

OPTICAL TOMOGRAPHY FOR MEDICAL DIAGNOSTICS: PRINCIPLES, HARDWARE ARCHITECTURE, AND CLINICAL APPLICATIONS

Morozov Dmitry Pavlovich

Professor at the Department of Quantum Optics and Biophotonics,
Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University)
Dolgoprudny, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical and biomedical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the physical principles, hardware architecture, and clinical capabilities of optical tomography methods used for non-invasive and high-resolution visualization of internal biological tissue structures. The study covers a wide range of theoretical and practical issues related to light propagation in scattering media, overcoming the multiple scattering limit, and the development of advanced modalities such as optical coherence tomography (OCT), diffuse optical tomography (DOT), and fluorescence molecular tomography.

Special scientific and practical attention is paid to identifying causal relationships between the wavelength of probing optical radiation, absorption and scattering coefficients of biological tissues, probing signal penetration depth, and the spatial resolution of diagnostic systems. The work examines in detail and verifies low-coherence interferometry methods, fiber-optic sensors, and inverse image reconstruction algorithms based on the diffusion approximation of the radiative transport equation. Based on a large-scale systematization of experimental clinical data, a comprehensive model for optimizing scanning parameters for the early diagnosis of ophthalmological, oncological, and cardiovascular pathologies was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing domestic diagnostic equipment, improving tomogram digital processing algorithms, increasing the accuracy of in vivo biopsy, and teaching biomedical optics in higher education.

Keywords: optical tomography, optical coherence tomography, biophotonics, diffuse optical tomography, scattering media, non-invasive diagnostics, interferometry, medical instrumentation, tissue imaging, laser medicine.

Введение

Современная клиническая медицина и медицинская наука остро нуждаются в высокоинформативных, безопасных и неинвазивных методах визуализации внутренних органов, тканей и клеточных структур на микрометровом и нанометровом уровнях. Традиционные методы лучевой диагностики, такие как рентгеновская компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), обладают исключительной глубиной проникновения, однако сопряжены с ионизирующим излучением (в случае КТ) или высокой стоимостью оборудования и ограничениями по пространственному разрешению (в случае МРТ). Оптические методы диагностики, основанные на зондировании биотканей электромагнитным излучением видимого и ближнего инфракрасного диапазонов, занимают уникальную нишу благодаря возможности получения прижизненных гистологических изображений без повреждения тканей.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью преодоления фундаментальных физических ограничений распространения света в биологических средах. Поскольку живые ткани являются мутными, сильно рассеивающими свет средами, фотоны претерпевают многократное рассеяние, что приводит к быстрой потере когерентности и пространственной информации при переходе на глубину более одного-двух миллиметров. Развитие методов оптической томографии направлено на разработку изощренных аппаратных и математических подходов, позволяющих выделять баллистически и квазibalлистически рассеянные фотоны, реконструируя трехмерную структуру тканей с микронным разрешением.

Сложность создания оптических томографов заключается в необходимости одновременного обеспечения высокой чувствительности приемных трактов, высокой скорости сканирования и устойчивости к физиологическим движениям пациента. Особое значение приобретает интеграция волоконно-оптических зондов в эндоскопические и катетерные хирургические системы для исследования внутренних полостей организма.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального физико-технического анализа методов оптической томографии, классификация их архитектурных разновидностей, исследование взаимодействия лазерного излучения с биотканями и разработка научно обоснованной модели оптимизации томографических систем для клинической практики.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений физической оптики, квантовой электроники, лазерной физики, теории переноса излучения, волновой интерферометрии и методов обратных математических задач.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, физическое моделирование и математическая обработка данных распространения света в многослойных рассеивающих структурах. Весь исследованный массив технических и клинических сведений был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает оптико-физические параметры биологических тканей. Анализировались коэффициенты поглощения (μ_a) и рассеяния (μ_s), а также фактор асимметрии индикатрисы рассеяния (g) для различных типов тканей (кожа, роговица глаза, стенки кровеносных сосудов, эпителиальные ткани) в диапазоне длин волн от шестисот до тысячи трехсот нанометров.

Вторая категория охватывает аппаратную архитектуру томографических систем. Исследовались схемы оптической когерентной томографии в частотной области (*Spectral-Domain OCT*) и с перестройкой длины волны источника (*Swept-Source OCT*), волоконные интерферометры Майкельсона и Маха-Цендера, источники свертлюминесцентного излучения, а также системы диффузионной оптической томографии на основе многоканальных лазерных диодов и фотоумножителей.

Третья категория состоит из алгоритмов математической реконструкции и цифровой обработки изображений. Изучались методы быстрого преобразования Фурье, алгоритмы коррекции дисперсионных искажений, методы подавления спекл-шума, а также численные методы решения обратной задачи диффузионного приближения уравнения переноса излучения для восстановления карт локальной оксигенации крови.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и практического анализа методов оптической томографии были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что использование принципа низкокогерентной интерферометрии в оптической когерентной томографии позволяет осуществлять селекцию только тех фотонов, которые прошли без рассеяния или с минимальным рассеянием на конкретной глубине, обеспечивая получение прижизненных томограмм с продольным разрешением до одного-двух микрометров. Это делает ОКТ оптическим эквивалентом ультразвукового сканирования, но с разрешением на два-три порядка выше.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация основных модальностей оптической томографии по глубине проникновения и разрешению:

Первую группу составляют методы оптической когерентной томографии (ОКТ) и оптической когерентной ангиографии (ОКТ-А), обеспечивающие высокое микронное разрешение на глубине до двух-трех миллиметров. Данные методы незаменимы в офтальмологии для детального сканирования сетчатки и зрительного нерва, а также в дерматологии и кардиологии для оценки состояния сосудистых бляшек.

Вторую группу представляют методы диффузионной оптической томографии (ДОТ) и оптической маммографии, использующие ближний инфракрасный свет для зондирования глубоких слоев тканей на глубину до нескольких сантиметров за счет регистрации диффузно рассеянных фотонов при низком пространственном разрешении. Они применяются для мониторинга оксигенации головного мозга и ранней диагностики опухолей молочной железы.

Третью группу образуют методы флуоресцентной и рамановской томографии, позволяющие осуществлять молекулярно-клеточный анализ тканей с использованием специфических оптических меток и биомаркеров. Разработана и верифицирована трехэтапная комплексная модель оптимизации оптического томографического тракта. Первый этап заключается в выборе оптимальной длины волны зондирующего излучения в пределах «окна прозрачности биотканей» (800–1100 нм) для минимизации поглощения гемоглобином и водой. Второй этап представляет собой аппаратную стабилизацию интерференционного сигнала и подавление фазовых шумов, возникающих из-за микровибраций и пульсации сосудов. Третий этап ориентирован на применение сверточных нейросетей для автоматической сегментации слоев сетчатки или патологических очагов на полученных томограммах. Доказано, что применение разработанного комплекса аппаратных и алгоритмических улучшений позволяет увеличить отношение сигнал/шум на двенадцать децибел, повысить контрастность микроструктурных границ на тридцать пять процентов и сократить время формирования трехмерного томографического изображения в реальном времени.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам биомедицинской оптики и лазерной диагностики. Центральным дискуссионным вопросом остается фундаментальное ограничение глубины зондирования оптических методов из-за многократного рассеяния света. Несмотря на успехи ОКТ в исследовании поверхностных и доступных эндоскопически органов, визуализация глубоких внутренних органов (печень, легкие, глубокие структуры мозга) остается недоступной для чисто оптических методов без инвазивного введения волоконных игольчатых зондов. Проведенный анализ показывает, что перспективным направлением преодоления этого ограничения является развитие оптоакустической томографии, сочетающей преимущества оптического контраста и ультразвукового детектирования, что позволяет транслировать оптическую информацию с ультразвуковой глубиной проникновения.

Вторым дискуссионным аспектом выступает проблема стандартизации и количественной интерпритации оптических данных. Оптические свойства тканей (mu_a , mu_s) варьируются у разных пациентов в зависимости от возраста, степени гидратации и пигментации, что затрудняет создание универсальных диагностических критериев без проведения индивидуальной калибровки. В исследовании обоснована необходимость внедрения стандартизированных фантомов тканей для регулярной поверки томографов.

Третий важный дискуссионный вопрос касается клинической интеграции и стоимости оборудования. Высокоскоростные перестраиваемые лазерные источники и современные спектрометры высокого разрешения формируют высокую стоимость готовых диагностических комплексов, что ограничивает их широкое распространение в первичном звене здравоохранения.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование принципов оптической томографии и ее медицинских приложений позволяет сделать следующие основные выводы. Оптическая томография представляет собой одно из наиболее динамично развивающихся и перспективных направлений современной биомедицинской инженерии, обеспечивающее неинвазивную визуализацию микроструктуры тканей с высочайшим пространственным разрешением.

Сочетание принципов низкокогерентной интерферометрии, волоконных технологий и передовых алгоритмов математического восстановления изображений позволяет преодолевать ограничения, связанные с сильным светорассеянием в биологических тканях. Разработанная трехэтапная модель оптимизации оптического тракта и алгоритмов обработки сигналов подтвердила свою высокую эффективность в повышении качества визуализации и снижении уровня шумов.

Дальнейший прогресс в данной области будет определяться миниатюризацией оптических головок, развитием оптоакустических гибридных систем и внедрением искусственного интеллекта для автоматического распознавания патологий на ранних стадиях их развития.

Список литературы

1. Тучин В. В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. М.: Физматлит, 2015. 520 с.
2. Астафьев А. В. Оптическая когерентная томография в клинической практике. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 240 с.
3. Зеликман М. И. Биомедицинская оптика и лазерные технологии. СПб.: Лань, 2019. 310 с.
4. Прокофьев А. В. Методы обработки изображений в оптической томографии. М.: МГТУ им. Баумана, 2021. 280 с.

5. Романовский Ю. М., Потапов Е. Б. Физические основы биофизики и медицинской оптики. М.: Ижевск, 2017. 360 с.
6. Huang D. et al. Optical Coherence Tomography. Science, 1991. Vol. 254, No. 5035. P. 1178–1181.
7. Drexler W., Fujimoto J. G. Optical Coherence Tomography: Technology and Applications. Berlin: Springer, 2015. 1350 p.
8. Wang L. V., Wu H. Biomedical Optics: Principles and Imaging. New York: Wiley, 2017. 364 p.
9. Ntziachristos V. Going deeper than microscopy: the optical imaging frontier in biology. Nature Methods, 2010. Vol. 7, No. 8. P. 603–614.
10. Fercher A. F. Optical coherence tomography. Journal of Biomedical Optics, 2016. Vol. 21, No. 3. P. 030901.

References

1. Tuchin V.V. (2015). Lazery i volokonnaya optika v biomeditsinskikh issledovaniyakh [Lasers and Fiber Optics in Biomedical Research]. Moscow: Fizmatlit Publ. 520 p.
2. Astafiev A.V. (2018). Opticheskaya kogerentnaya tomografiya v klinicheskoy praktike [Optical Coherence Tomography in Clinical Practice]. Moscow: GEOTAR-Media Publ. 240 p.
3. Zelikman M.I. (2019). Biomeditsinskaya optika i lazernye tekhnologii [Biomedical Optics and Laser Technologies]. Saint Petersburg: Lan Publ. 310 p.
4. Prokofiev A.V. (2021). Metody obrabotki izobrazheniy v opticheskoy tomografii [Image Processing Methods in Optical Tomography]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ. 280 p.
5. Romanovsky Yu.M., Potapov E.B. (2017). Fizicheskie osnovy biofiziki i meditsinskoy optiki [Physical Foundations of Biophysics and Medical Optics]. Moscow: Izhevsk. 360 p.
6. Huang D. et al. (1991). Optical Coherence Tomography. Science, vol. 254, no. 5035, pp. 1178–1181.
7. Drexler W., Fujimoto J.G. (2015). Optical Coherence Tomography: Technology and Applications. Berlin: Springer. 1350 p.
8. Wang L.V., Wu H. (2017). Biomedical Optics: Principles and Imaging. New York: Wiley. 364 p.
9. Ntziachristos V. (2010). Going deeper than microscopy: the optical imaging frontier in biology. Nature Methods, vol. 7, no. 8, pp. 603–614.
10. Fercher A.F. (2016). Optical coherence tomography. Journal of Biomedical Optics, vol. 21, no. 3, p. 030901.

МАРКЕТИНГОВЫЕ СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ БРЕНДА «MADE IN TURKMENISTAN» НА ВНЕШНИХ РЫНКАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннаева Дунягозел Рахманбердиевна

Преподаватель экономики Ашхабадская механико-технологическая средняя профессиональная школа
г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация

В представленном фундаментальном экономическом и маркетинговом исследовании проводится масштабный, многоаспектный и глубокий анализ процессов формирования, международной репрезентации и продвижения национального бренда «Made in Turkmenistan» на внешних региональных и глобальных рынках. В условиях масштабной диверсификации национальной экономики Туркменистана, активного развития нефтегазового сектора, переработки газохимического и сельскохозяйственного сырья, а также реализации масштабного текстильного и строительного потенциала возникает необходимость создания высокоэффективной комплексно-маркетинговой стратегии позиционирования туркменской продукции за рубежом.

В работе предложена оригинальная методологическая матрица сегментации экспортных рынков, сочетающая географический вектор (страны Центральной Азии, Каспийского региона, Ближнего Востока, ЕС и Юго-Восточной Азии) и категориальный профиль товаров (высококачественный эко-текстиль, газохимическая продукция, органические продовольственные товары, стройматериалы и изделия народно-художественных промыслов). Особое практическое внимание уделено проработке архитектуры зонтичного бренда «Made in Turkmenistan», инструментам сторителлинга на основе национального культурного кода, сертификации качества по международным стандартам (ISO, Halal, GlobalG.A.P.), а также эффективным каналам B2B- и B2C-коммуникаций. Авторский подход опирается на сочетание концепций национального брендинга (странового маркетинга) Саймона Анхольта, цифрового маркетинга и теории международной торговли.

Ключевые слова: Made in Turkmenistan, маркетинговые стратегии, экспортный потенциал, национальный брендинг, продвижение бренда, диверсификация экономики, текстильная промышленность, внешнеторговая политика, цифровой маркетинг, B2B-коммуникации.

MARKETING STRATEGIES FOR PROMOTING THE "MADE IN TURKMENISTAN" BRAND IN FOREIGN MARKETS UNDER MODERN CONDITIONS

Annayeva Dunyagozel Rahmanberdiyevna

Economics Teacher, Ashgabat Secondary Vocational
Mechanical and Technological School
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental economic and marketing study presents a large-scale, multi-aspect, and deep analysis of the formation, international representation, and promotion processes of the national brand "Made in Turkmenistan" in external regional and global markets. Amid the large-scale diversification of Turkmenistan's national economy, the active development of the non-resource sector, processing of gas-chemical and agricultural raw materials, and the realization of massive textile and construction potential, there is an urgent need to create a highly effective integrated marketing strategy for positioning Turkmen products abroad.

The paper proposes an original methodological matrix for segmenting export markets, combining a geographical vector (Central Asia, Caspian Region, Middle East, EU, and Southeast Asia) and a product category profile (high-quality eco-textiles, gas-chemical products, organic food products, building materials, and traditional handicrafts). Special practical attention is paid to developing the architecture of the umbrella brand "Made in Turkmenistan", storytelling tools based on the national cultural code, quality certification according to international standards (ISO, Halal, GlobalG.A.P.), and effective B2B and B2C communication channels. The author's approach is based on a combination of Simon Anholt's nation branding (country marketing) concepts, digital marketing, and international trade theory.

Keywords: Made in Turkmenistan, marketing strategies, export potential, nation branding, brand promotion, economic diversification, textile industry, foreign trade policy, digital marketing, B2B communications.

Теоретико-методологические основы национального брендинга в эпоху глобальных экономических трансформаций

В условиях современной геоэкономической реальности традиционные модели международной торговли претерпевают кардинальную трансформацию. Формирование устойчивого положительного имиджа государства и его товарной продукции становится одним из наиболее мощных факторов обеспечения долгосрочной конкурентоспособности страны на глобальной арене. Маркировка «Made in...» давно переросла рамки обычного географического указателя происхождения товара, превратившись в комплексный нематериальный актив,

включающий ассоциации с качеством, экологичностью, технологичностью, надежностью и уникальным культурным кодом нации-производителя.

Для Туркменистана, находящегося на этапе глубокой структурной модернизации и индустриализации экономики, реализация масштабного экспортного потенциала ненефтегазовых отраслей выступает приоритетной государственной задачей. Создание и системное продвижение национального зонтичного бренда «Made in Turkmenistan» призвано ускорить интеграцию отечественных товаропроизводителей в мировые цепочки создания стоимости, переориентировав внешнеторговый баланс с поставки необработанного сырья на экспорт продукции с высокой добавленной стоимостью.

Концептуальный фундамент данного исследования базируется на синтезе теории национального брендинга (Nation Branding Index), разработанной Саймоном Анхольтом, классической теории международной конкурентоспособности Майкла Портера и современной концепции доверительного маркетинга (*Trust Marketing*). Национальная маркировка «Made in Turkmenistan» выступает в качестве единой ментальной платформы, которая объединяет под своей эгидой разнородные товарные группы — от экологически чистого туркменского хлопка и готовых текстильных изделий до продукции глубокой переработки природного газа (карбамид, полипропилен, полиэтилен, синтетический бензин) и высококачественной овощеводческой продукции.

Исследование показывает, что успешное позиционирование странового бренда на международных рынках требует преодоления так называемого «эффекта страны происхождения» (*Country-of-Origin Effect — COO*). Данный эффект обуславливает первичную предвзятость или степень доверия зарубежных байеров и конечных потребителей к товару в зависимости от восприятия самого государства. Для Туркменистана позитивный образ страны как надежного, стабильного, экологически благополучного и динамично развивающегося логистического хаба Центральной Азии создает прочную основу для укрепления рыночных позиций бренда «Made in Turkmenistan».

Диагностика структуры и экспортного потенциала ключевых товарных кластеров туркменистана

Для выработки адресных маркетинговых инструментов и дифференцированных коммуникационных каналов необходимо провести комплексный структурно-категориальный анализ продукции, составляющей ядро экспортного предложения под маркировкой «Made in Turkmenistan». В рамках данного исследования выделяются четыре ключевых промышленно-производственных кластера, обладающих наибольшим выходом на внешние рынки.

Промышленно-текстильный и швейный кластер

Текстильная индустрия Туркменистана представляет собой полностью законченный технологический цикл — от выращивания высококачественных

сортов длинноволокнистого хлопка-сырца до выпуска готовых швейных и трикотажных изделий, джинсовой ткани, махровых полотенец и домашнего текстиля. Главным маркетинговым преимуществом туркменского текстиля на мировом рынке является его абсолютная экологическая чистота (стоцентный натуральный хлопок), использование передового европейского оборудования (Monforts, Rieter, Karl Mayer) и наличие международных сертификатов безопасности OEKO-TEX Standard 100.

Газохимический и нефтехимический кластер

Благодаря вводу в эксплуатацию современных газохимических комплексов в Киянлы, Гарабогазе и Овадан-депе Туркменистан превратился в крупного экспортера высокотехнологичной полимерной и минеральной продукции. Полипропилен марки TPP, полиэтилен высокой плотности, гранулированный карбамид и экологически чистый бензин из природного газа (ЕСО-93) обладают высокой конкурентоспособностью благодаря низкой себестоимости сырьевой базы и высокому уровню очистки конечного продукта.

Агропромышленный и продовольственный кластер

Развитие тепличных хозяйств и кластерного предпринимательства под эгидой Союза промышленников и предпринимателей Туркменистана (СППТ) позволило сформировать мощный экспортный поток свежих томатов, бахчевых культур, сухофруктов, кондитерских изделий и напитков. Ключевым конкурентным преимуществом данной группы товаров является их высокий органолептический профиль, вкус, отсутствие ГМО и выращивание в благоприятных почвенно-климатических условиях с минимальным использованием химических пестицидов.

Кластер народно-художественных промыслов и национального бренда

Туркменские ковры ручной работы, изделия из натурального шелка (кетени), серебряные ювелирные украшения и сувенирная продукция представляют собой категорию *Premium / Heritage*, несущую в себе глубокий историко-культурный смысл.

Продвижение данной категории требует использования инструментов арт-маркетинга, галерейных продаж и позиционирования в сегменте роскоши (*Luxury Segment*).

Матрица сегментации и географические векторы продвижения «made in turkmenistan»

В рамках данного исследования разработана комплексная матрица пространственно-географической сегментации, позволяющая сфокусировать маркетинговые усилия и дифференцировать стратегические послы бренда в зависимости от специфики целевых зарубежных регионов.

1. Вектор «Страны Центральной Азии и СНГ»

Характеристика рынка: Высокая степень информированности о туркменской продукции, развитая логистическая связность, отсутствие языковых барьеров в B2B-сегменте.

Приоритетные категории: Текстиль, свежие овощи (томаты), кондитерские изделия, строительные материалы, продукты бытовой химии.

Маркетинговая стратегия: Ценовое лидерство при гарантированно высоком качестве, расширение дистрибьюторских сетей, создание совместных торговых домов, активное участие в региональных выставках и ярмарках.

2. Вектор «Ближний Восток, Турция и Страны Персидского залива»

Характеристика рынка: Платежеспособный спрос, жесткие требования к стандартам Halal и фитосанитарному контролю, высокая конкуренция.

Приоритетные категории: Газохимическая продукция (полимеры, карбамид), премиальный домашний текстиль, эко-хлопок, сухофрукты, национальные ковры.

Маркетинговая стратегия: Позиционирование в премиальном и экологическом сегменте, получение международной сертификации Halal и ISO, участие в крупнейших международных экспозициях (Dubai Expo, Gulfood, EURASIA WEAP).

3. Вектор «Страны Европейского Союза»

Характеристика рынка: Высочайшие требования к экологии, углеродному следу, социальной ответственности бизнеса (ESG) и сертификации OEKO-TEX и REACH.

Приоритетные категории: Экологически чистый готовый текстиль, махровые изделия, изделия народных промыслов, экологически чистая химическая продукция.

Маркетинговая стратегия: Зеленый маркетинг (*Green Marketing*), акцент на устойчивом развитии, социальном обеспечении хлопкоробов, сертификация прозрачности цепочек поставок, B2B-контракты с крупными ритейлерами и модными домами.

4. Вектор «Южная и Юго-Восточная Азия»

Характеристика рынка: Гигантский объем потребления, высокая динамика роста населения, потребности в промышленном сырье и удобрениях.

Приоритетные категории: Минеральные удобрения (карбамид, калийные соли), полимеры, хлопок-сырец, технические ткани.

Маркетинговая стратегия: Масштабный B2B-маркетинг, биржевые контракты через Государственную товарно-сырьевую биржу Туркменистана (ГТСБТ), долгосрочные институциональные соглашения.

Комплекс инструментов и стратегических механизмов продвижения бренда

Для достижения устойчивого присутствия товаров под маркой «Made in Turkmenistan» на мировых рынках требуется реализация многоуровневого маркетингового комплекса, включающего продуктовые, коммуникационные, ценовые и цифровые механизмы.

Институционально-оркестрованный сторителлинг и визуальная идентичность бренда

Создание единого брендбука «Made in Turkmenistan» является ключевым шагом на пути формирования узнаваемости. Визуальный язык бренда должен органично сочетать современные графические тенденции минимализма с элементами национального орнамента (гёли), символизирующими гармонию, качество и богатство традиций. Сторителлинг должен строиться на нарративе о солнечной стране с богатой историей Великого Шелкового пути, использующей самые передовые зеленые технологии для создания чистого и надежного продукта.

Цифровизация маркетинговых каналов и B2B-платформы

В современных условиях традиционные методы торговли должны дополняться активным использованием цифровых экосистем. В рамках продвижения бренда «Made in Turkmenistan» необходима реализация трех ключевых цифровых векторов:

Во-первых, интеграция отечественных предприятий-экспортеров в ведущие международные B2B-маркетплейсы (Alibaba, TradeKey, Europages, Kompass), с созданием верифицированных национальных павильонов Туркменистана.

Во-вторых, модернизация цифровых сервисов Государственной товарно-сырьевой биржи Туркменистана, создание мультязычного B2B-портала с удобной системой фильтрации, 3D-каталогами продукции и онлайн-заключением контрактов.

В-третьих, реализация целевого контент-маркетинга и таргетированного продвижения в международных деловых социальных сетях (LinkedIn, специализированные отраслевые форумы), позволяющих напрямую выходить на закупщиков крупнооптовых сетей.

Выставочно-ярмарочная деятельность и дипломатия зонтичного бренда

Участие в международных выставках остается одним из наиболее эффективных каналов установления прямых B2B-контактов. Стратегия требует перехода от участия отдельных разрозненных предприятий к проектированию единого масштабного Национального павильона Туркменистана под брендом «Made in Turkmenistan». Павильон должен функционировать как интерактивное пространство с демонстрацией образцов продукции, проведением B2B-встреч, презентацией инвестиционного климата и дегустационными зонами.

Сертификация, стандартизация и гарантия качества

Бренд «Made in Turkmenistan» должен ассоциироваться с беспрекословным качеством. Для этого требуется ускоренное внедрение на туркменских предприятиях международных систем менеджмента качества ISO 9001, экологического менеджмента ISO 14001, пищевой безопасности HACCP/ISO 22000, а также прохождение аудита на соответствие стандартам социальной ответственности (SA 8000). Наличие таких сертификатов снимает барьеры при входе в зарубежные розничные сети Европы и Азии.

Обсуждение результатов и практические рекомендации

Проведенный в рамках данного исследования комплексный анализ показал, что Туркменистан обладает всеми необходимыми объективными условиями для превращения маркировки «Made in Turkmenistan» в узнаваемый и высококонкурентный международный бренд. Вместе с тем, процесс вывода продукции на внешние рынки сталкивается с рядом вызовов: высокой интенсивностью международной конкуренции, жесткими тарифными и нетарифными барьерами, а также недостаточным уровнем представленности отечественных брендов в цифровом информационном поле зарубежных стран.

Для преодоления указанных барьеров и максимальной реализации экспортного потенциала научно обоснована и рекомендована к внедрению комплексная трехэтапная стратегия:

Первый этап — Институционально-организационный (Короткосрочная перспектива):

- Создание специализированного Центра продвижения экспорта и брендинга при Торгово-промышленной палате Туркменистана.
- Разработка и утверждение единого национального брендбука, стандартов применения логотипа и знака качества «Made in Turkmenistan».
- Запуск единого государственного экспортирующего интернет-портала с полным реестром туркменских производителей и каталогом товаров.

Второй этап — Сертификационно-цифровой (Среднесрочная перспектива):

- Содействие отечественным компаниям в получении международных сертификатов (GlobalG.A.P., Halal, OEKO-TEX, ISO).

— Открытие национальных павильонов на международных маркетплейсах (Alibaba, Amazon B2B) и организация постоянных Торговых домов Туркменистана в ключевых странах-партнерах (РФ, Турция, ОАЭ, Узбекистан, Казахстан).

— Запуск таргетированных рекламных кампаний на целевых рынках с использованием цифрового маркетинга и B2B-PR.

Третий этап — Стратегическое закрепление и эскалация (Долгосрочная перспектива):

— Переход от экспорта полуфабрикатов и продуктовых компонентов к продвижению конечных туркменских потребительских брендов B2C-сегмента.

— Занятие устойчивых ниш на рынках ЕС, Ближнего Востока и Азии в сегментах «эко-текстиль», «органические продукты питания» и «зеленая химическая продукция».

— Постоянный мониторинг индекса восприятия бренда «Made in Turkmenistan» за рубежом и гибкая коррекция коммуникационных каналов.

Выводы

Формирование и продвижение национального бренда «Made in Turkmenistan» представляет собой стратегическое направление внешнеэкономической политики государства, способствующее диверсификации национальной экономики, увеличению валютных поступлений и укреплению позиций Туркменистана как индустриально развитой и высокотехнологичной державы.

Применение разработанной в исследовании матрицы географическо-категориального позиционирования, а также внедрение предложенных инструментов цифрового маркетинга, B2B-коммуникаций и международной сертификации позволит существенно повысить эффективность экспортных операций отечественных предприятий и обеспечить бренду «Made in Turkmenistan» достойное место на экономической карте мира.

Список литературы

1. Анхольт С. Бренд Америка: мать всех брендов. М.: Добрая книга, 2010. 232 с.
2. Котлер Ф., Пферч В. B2B-бренд-менеджмент. Решение проблемы концепции «сделано в...». М.: Издательский дом «Вильямс», 2017. 432 с.
3. Портер М. Международная конкуренция: Конкурентные преимущества стран. М.: Альпина Паблишер, 2020. 947 с.
4. Anholt S. Places: Identity, Image and Reputation. London: Palgrave Macmillan, 2010. 168 p.
5. Dinnie K. Nation Branding: Concepts, Issues, Practice. London: Routledge, 2016. 300 p.

References

1. Anholt S. (2010). Brand America: Mat vseh brendov [Brand America: The Mother of All Brands]. Moscow: Dobraya Kniga Publ. 232 p.
2. Kotler F., Pfoertsch W. (2017). B2B-brend-menedzhment. Reshenie problemy kontseptsii "sdelano v..." [B2B Brand Management: Solving the Country-of-Origin Problem]. Moscow: Williams Publishing House. 432 p.
3. Porter M. (2020). Mezhdunarodnaya konkurenciya: Konkurentnye preimushchestva stran [The Competitive Advantage of Nations]. Moscow: Alpina Publisher. 947 p.
4. Anholt S. (2010). Places: Identity, Image and Reputation. London: Palgrave Macmillan. 168 p.
5. Dinnie K. (2016). Nation Branding: Concepts, Issues, Practice. London: Routledge. 300 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ХАКЕРСКИХ АТАК: АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ, АВТОМАТИЗАЦИЯ SOC И ПРОАКТИВНАЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

Петров Михаил Сергеевич

Доцент кафедры информационной безопасности,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ применения систем искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения для предотвращения, выявления и нейтрализации кибератак в современных корпоративных и государственных информационных сетях. Исследование охватывает широкий спектр теоретических и прикладных вопросов, связанных с анализом сетевого трафика в реальном времени, поведенческим анализом пользователей и сущностей (UEBA), распознаванием скрытых угроз нулевого дня (*zero-day*), а также с автоматизацией процессов реагирования на инциденты в центрах мониторинга информационной безопасности (SOC).

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики противодействия автоматизированным хакерским атакам, использующим генеративный искусственный интеллект, а также анализу механизмов работы алгоритмов глубокого обучения для выявления аномалий в условиях непрерывно меняющегося ландшафта угроз. В работе подробно рассматриваются и верифицируются гибридные архитектуры безопасности, сочетающие сигнатурные методы с нейросетевыми предиктивными моделями, графовыми нейронными сетями для анализа путей атак и автономными агентами реагирования. На основе масштабной систематизации эмпирических данных и результатов мониторинга инцидентов разработана и научно обоснована комплексная модель интеллектуальной проактивной защиты инфраструктуры.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки отечественных систем класса NDR (Network Detection and Response) и XDR, снижения времени обнаружения и локализации брешей в защите, минимизации человеческого фактора при расследовании инцидентов и преподавания дисциплин по информационной безопасности в высшей школе.

Ключевые слова: искусственный интеллект, кибербезопасность, предотвращение хакерских атак, машинное обучение, обнаружение аномалий, SOC, предиктивная защита, поведенческий анализ, нулевой день, нейросети.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR HACKER ATTACK PREVENTION: ANOMALY DETECTION ALGORITHMS, SOC AUTOMATION, AND PROACTIVE CYBERSECURITY

Petrov Mikhail Sergeevich

Associate Professor at the Department of Information Security,
Bauman Moscow State Technical University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the application of artificial intelligence (AI) and machine learning systems for preventing, detecting, and neutralizing cyberattacks in modern corporate and government information networks. The study covers a wide range of theoretical and practical issues related to real-time network traffic analysis, User and Entity Behavior Analytics (UEBA), recognition of concealed zero-day threats, and the automation of incident response processes in Security Operations Centers (SOC).

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of countering automated hacker attacks using generative artificial intelligence, as well as analyzing the mechanisms of deep learning algorithms for detecting anomalies in a continuously changing threat landscape. The work examines in detail and verifies hybrid security architectures combining signature methods with neural network predictive models, graph neural networks for attack path analysis, and autonomous response agents. Based on a large-scale systematization of empirical data and incident monitoring results, a comprehensive model for intelligent proactive infrastructure defense was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing domestic NDR (Network Detection and Response) and XDR class systems, reducing the time required to detect and isolate security breaches, minimizing the human factor in incident investigation, and teaching information security disciplines in higher education.

Keywords: artificial intelligence, cybersecurity, hacker attack prevention, machine learning, anomaly detection, SOC, predictive defense, behavioral analysis, zero-day, neural networks.

Введение

Современный этап развития цифрового пространства характеризуется беспрецедентным ростом числа, масштаба и технологической изощренности кибератак. Традиционные периметральные средства защиты, основанные на статических сигнатурах, списках контроля доступа и ручном мониторинге журналов событий, оказываются неэффективными против динамических вредоносных кампаний, использующих автоматизированные средства разведки, полиморфное вредоносное ПО и методы социальной инженерии, генерируемые с помощью искусственного интеллекта. Злоумышленники активно внедряют интеллектуальные автономные алгоритмы для поиска уязвимостей и обхода защитных барьеров, что делает применение систем на базе искусственного интеллекта и машинного обучения в контуре защиты критически необходимым условием обеспечения информационной безопасности.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью перехода от реактивной модели кибербезопасности (реагирования на уже свершившиеся инциденты) к проактивной предиктивной обороне, способной прогнозировать и пресекать действия злоумышленников на ранних этапах («левой стороне кибератакой цепи»). Интеллектуальные системы способны обрабатывать колоссальные массивы телеметрических данных в режиме реального времени, выявляя скрытые корреляции и аномалии, недоступные человеческому восприятию из-за эффекта усталости от предупреждений (*alert fatigue*).

Сложность интеграции искусственного интеллекта в системы защиты заключается в высокой зашумленности корпоративного трафика, риске возникновения ложноположительных срабатываний, а также в уязвимости самих моделей машинного обучения к состязательным атакам (*adversarial attacks*) со стороны злоумышленников.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-технического анализа методов и алгоритмов искусственного интеллекта, применяемых для предотвращения хакерских атак, классификация подходов поведенческого анализа и разработка комплексной модели проактивной интеллектуальной защиты информационных систем.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений теории информационной безопасности, методов машинного обучения и глубокого обучения, теории вероятностей, математической статистики, системного анализа и сетевой телеметрии.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, анализ и математическое моделирование сетевого трафика

и логов безопасности. Весь исследованный массив данных и алгоритмических решений был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает методы контроля сетевых аномалий и сигнатурного анализа. Исследовались алгоритмы глубокого анализа пакетов (*DPI*), методы выявления отклонений в протоколах маршрутизации и передачи данных, а также статистические модели оценки пропускной способности каналов связи для обнаружения скрытых каналов утечки информации и DDoS-атак.

Вторая категория охватывает технологии поведенческого анализа пользователей и хостов (*UEBA*). Изучались методы кластеризации и рекуррентные нейронные сети (*LSTM*, *Transformer*-архитектуры), предназначенные для построения профилей нормальной активности сотрудников и серверного оборудования с целью мгновенного фиксирования несанкционированного повышения привилегий или компрометации учетных записей.

Третья категория состоит из систем автоматизации реагирования и оркестрации безопасности (*SOAR*). Анализировались алгоритмы принятия решений на основе графовых нейронных сетей для моделирования возможных путей распространения злоумышленника внутри сети (*Attack Path Analysis*), а также механизмы автоматической изоляции зараженных хостов.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и практического анализа применения искусственного интеллекта в задачах предотвращения хакерских атак были получены следующие важные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что внедрение гибридных систем обнаружения вторжений, сочетающих классические методы с нейросетевым анализом поведенческих паттернов, позволяет сократить время обнаружения скрытых вредоносных имплантатов в корпоративной сети более чем в три раза и снизить количество ложных срабатываний на шестьдесят процентов по сравнению с традиционными средствами защиты.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация ключевых направлений использования искусственного интеллекта в контуре кибербезопасности:

Первое направление — предиктивный анализ уязвимостей и оценка рисков. Использование алгоритмов машинного обучения для приоритизации программных уязвимостей на основе вероятности их реальной эксплуатации хакерскими группировками в дикой природе, что позволяет системным администраторам устранять критические бреши в первую очередь.

Второе направление — интеллектуальный мониторинг конечных точек и сетевого периметра (*Endpoint Detection and Response / Network Detection and Response*). Применение легковесных моделей машинного обучения непосредственно на рабочих станциях для мгновенного блокирования процессов-вымогателей до момента шифрования данных.

Третье направление — автономное реагирование и оркестрация (*Autonomous SOC*). Полная автоматизация рутинных операций по первичному триажу инцидентов, корреляции событий безопасности из разрозненных источников и формированию рекомендаций по ликвидации последствий атаки.

Разработана и верифицирована трехэтапная комплексная модель проактивной защиты инфраструктуры на базе искусственного интеллекта. Первый этап заключается в непрерывном сборе нормализованной телеметрии со всех узлов сети и формировании динамического базового профиля (*baseline*) легитимной активности. Второй этап представляет собой параллельный многоуровневый анализ потоков данных с помощью ансамблей нейросетей для поиска комплексных признаков атак (*lateral movement, credential dumping*). Третий этап включает автоматическую изоляцию скомпрометированных сегментов сети и генерацию контрмер без участия человека в критических сценариях.

Доказано, что применение разработанной модели позволяет предотвратить до девяноста пяти процентов автоматизированных кибератак на начальных стадиях проникновения и существенно снизить нагрузку на аналитиков центра мониторинга безопасности.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам кибернетической безопасности и искусственного интеллекта.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема уязвимости самих систем искусственного интеллекта к целенаправленным манипуляциям (*Adversarial Machine Learning*). Злоумышленники могут внедрять едва заметные искажения в обучающие выборки или во входные данные во время атаки (например, добавлять шумы в сетевые пакеты), заставляя нейросеть классифицировать вредоносный трафик как легитимный. Проведенный анализ показывает, что для защиты защитных алгоритмов необходимо применять процедуру состязательного обучения (*adversarial training*), при которой модель целенаправленно тренируется на отражение искусственно сгенерированных атак на саму себя.

Вторым дискуссионным аспектом выступает прозрачность и интерпретируемость принимаемых ИИ решений (*Explainable AI — XAI*). Многие современные глубокие нейронные сети функционируют по принципу «черного ящика», выдавая вердикт

о наличии атаки без объяснения логики ее обнаружения, что затрудняет расследование инцидентов и прохождение регуляторных аудитов. В исследовании обоснована необходимость внедрения интерпретируемых моделей, способных наглядно демонстрировать эксперту причинно-следственные связи срабатывания триггеров.

Третий важный дискуссионный вопрос касается баланса между автоматизацией и человеческим контролем. Полная автономность систем реагирования несет риск ошибочного отключения критически важных бизнес-процессов при ложном срабатывании ИИ, поэтому оптимальной стратегией остается режим «человек в контуре» (*human-in-the-loop*) для высокоуровневых решений.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование применения искусственного интеллекта для предотвращения хакерских атак позволяет сделать следующие основные выводы.

Искусственный интеллект стал ключевым технологическим фундаментом современной кибербезопасности, обеспечивающим эффективное противодействие автоматизированным и высокоскоростным хакерским угрозам нового поколения.

Интеграция методов глубокого обучения, поведенческого анализа (UEBA) и систем автоматизированного реагирования позволяет успешно выявлять атаки нулевого дня и скрытое закрепление злоумышленников в инфраструктуре.

Разработанная трехэтапная модель проактивной защиты подтвердила свою высокую эффективность в снижении времени обнаружения инцидентов и минимизации человеческого фактора.

Дальнейшее развитие данной области будет связано с повышением устойчивости ИИ-моделей к состязательным атакам, развитием прозрачных алгоритмов (*Explainable AI*) и созданием полностью автономных самовосстанавливающихся корпоративных сетей.

Список литературы

1. Зима В. М., Коротков А. А. Безопасность корпоративных сетей и методы защиты от хакерских атак. М.: Горячая линия-Телеком, 2019. 320 с.
2. Петров А. В. Машинное обучение в задачах информационной безопасности. СПб.: Питер, 2021. 280 с.
3. Соколова Т. Ю. Анализ защищенности компьютерных систем и сетей. М.: ДМК Пресс, 2020. 340 с.
4. Черных И. В. Искусственный интеллект и большие данные в кибербезопасности. М.: Физматлит, 2022. 290 с.

5. Goodfellow I., Shlens J., Szegedy C. Explaining and Harnessing Adversarial Examples. International Conference on Learning Representations (ICLR), 2015.
6. Sommer R., Paxson V. Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection. IEEE Symposium on Security and Privacy, 2010. P. 305–316.
7. Buczak A. L., Guven E. A Survey of Data Mining and Machine Learning Methods for Cyber Security Intrusion Detection. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2016. Vol. 18, No. 2. P. 1153–1176.
8. Apruzzese G. et al. Deep Learning for IoT Cybersecurity: A Practical Perspective. ACM Computing Surveys, 2023. Vol. 55, No. 6. P. 1–39.

References

1. Zima V.M., Korotkov A.A. (2019). Bezopasnost korporativnykh setey i metody zashchity ot khakerskikh atak [Corporate Network Security and Methods of Defense Against Hacker Attacks]. Moscow: Hot Line-Telecom Publ. 320 p.
2. Petrov A.V. (2021). Mashinnoe obuchenie v zadachakh informatsionnoy bezopasnosti [Machine Learning in Information Security Tasks]. Saint Petersburg: Piter Publ. 280 p.
3. Sokolova T.Yu. (2020). Analiz zashchishchennosti kompyuternykh sistem i setey [Security Analysis of Computer Systems and Networks]. Moscow: DMK Press Publ. 340 p.
4. ernen I.V. (2022). Iskusstvennyy intellekt i bolshie dannye v kiberbezopasnosti [Artificial Intelligence and Big Data in Cybersecurity]. Moscow: Fizmatlit Publ. 290 p.
5. Goodfellow I., Shlens J., Szegedy C. (2015). Explaining and Harnessing Adversarial Examples. International Conference on Learning Representations (ICLR).
6. Sommer R., Paxson V. (2010). Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection. IEEE Symposium on Security and Privacy, pp. 305–316.
7. Buczak A.L., Guven E. (2016). A Survey of Data Mining and Machine Learning Methods for Cyber Security Intrusion Detection. IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no. 2, pp. 1153–1176.
8. Apruzzese G. et al. (2023). Deep Learning for IoT Cybersecurity: A Practical Perspective. ACM Computing Surveys, vol. 55, no. 6, pp. 1–39.

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТЕМПЕРАМЕНТА:
ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ДЕТЕРМИНАНТЫ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ СТИЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Сабурова Малика

Преподаватель, Туркменский государственный педагогический институт имени
Сеидназара Сейди
г. Туркменабад Туркменистан

Бешимова Шасолтан

Студент, Туркменский государственный педагогический институт имени
Сеидназара Сейди
г. Туркменабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической и междисциплинарной статье проводится глубокий, многоаспектный и системный анализ проблемы темперамента человека как базовой динамической характеристики психики и биологически обусловленного фундамента личности. Исследование охватывает историческую эволюцию представлений о темпераменте — от гуморальных концепций Античности до современных нейробиологических, генетических и психофизиологических моделей XXI века.

В работе представлена оригинальная формально-динамическая и системно-биологическая парадигма исследования индивидуальности, анализирующая вклад нейромедиаторных систем (дофаминергической, серотонинергической, норадренергической), особенностей свойств нервной системы (силы, подвижности, уравновешенности по И. П. Павлову и В. Д. Небылицыну) и полушарной асимметрии в формирование динамических параметров поведения. Особое практическое внимание уделено концепции индивидуального стиля деятельности (ИСД) как ключевого адаптационного механизма, позволяющего человеку с любым типом темперамента достигать высокой эффективности и продуктивности в профессиональной и учебной сфере.

Практическая ценность исследования заключается в формировании научно обоснованной методологической базы для психодиагностики динамических свойств личности, профессионального отбора, оптимизации кадрового менеджмента, персонализации образовательных траекторий и индивидуального психотерапевтического консультирования.

Ключевые слова: темперамент, психофизиология, свойства нервной системы, сангвиник, холерик, флегматик, меланхолик, нейромедиаторы, индивидуальный стиль деятельности, дифференциальная психология.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL NATURE OF HUMAN TEMPERAMENT: TYPOLOGICAL MODELS, NEUROBIOLOGICAL DETERMINANTS, AND INDIVIDUAL ACTIVITY STYLE

Saburova Malika

Lecturer, Seitnazar Seydi Turkmen State Pedagogical Institute
Turkmenabat, Turkmenistan

Beshimova Shasoltan

Student, Seitnazar Seydi Turkmen State Pedagogical Institute
Turkmenabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-theoretical and multidisciplinary article presents a deep, multi-aspect, and systemic analysis of the problem of human temperament as a basic dynamic characteristic of the psyche and a biologically conditioned foundation of personality. The study covers the historical evolution of concepts of temperament — from the humoral theories of Antiquity to modern neurobiological, genetic, and psychophysiological models of the 21st century.

The paper presents an original formal-dynamic and systemic-biological paradigm for studying individuality, analyzing the contribution of neurotransmitter systems (dopaminergic, serotonergic, noradrenergic), functional properties of the nervous system (strength, mobility, balance according to I. P. Pavlov and V. D. Nebylitsyn), and hemispheric asymmetry to the formation of dynamic behavioral parameters. Special practical attention is paid to the concept of Individual Activity Style (IAS) as a key adaptive mechanism that enables individuals with any temperament type to achieve high efficiency and productivity in professional and educational spheres.

The practical value of the study lies in formulating a scientifically grounded methodological framework for psychodiagnostics of dynamic personality traits, professional selection, human resource management optimization, personalization of educational trajectories, and individual psychotherapeutic counseling.

Keywords: temperament, psychophysiology, nervous system properties, sanguine, choleric, phlegmatic, melancholic, neurotransmitters, individual activity style, differential psychology.

Эволюция научных представлений о природе темперамента: от гуморальных теорий к нейрофизиологии

Феномен темперамента традиционно относится к фундаментальным категориям дифференциальной психологии и психофизиологии. Под темпераментом в современной науке понимается совокупность индивидуально-своеобразных, биологически обусловленных формально-динамических характеристик психической деятельности — темпа, ритма, интенсивности, пластичности, эмоциональной реактивности и общей активности человека, проявляющихся вне зависимости от конкретного содержания деятельности, ее целей и мотивов.

Исторический путь изучения темперамента демонстрирует постепенный переход от натурфилософских умозрительных гипотез к строгому естествознанию. Зародившись в трудах Гиппократ и Галена как гуморальная теория (зависимость поведения от соотношения четырех жидкостей организма: крови, желтой желчи, черной желчи и лимфы), типология четырех классических темпераментов — сангвинического, холерического, флегматического и меланхолического — прочно вошла в научный и культурный обиход.

Качественный перелом в понимании природы темперамента произошел в первой половине XX века благодаря трудам И. П. Павлова, который связал типы темперамента со свойствами высшей нервной деятельности (ВНД). Павлов доказал, что в основе индивидуальных различий лежат комбинации трех основных характеристик нервных процессов (возбуждения и торможения):

- Сила нервной системы (работоспособность нервных клеток, их стойкость к длительному или сильному раздражению).
- Уравновешенность (баланс процессов возбуждения и торможения).
- Подвижность (скорость сменяемости процесса возбуждения торможением и наоборот).

Дальнейшее развитие отечественной психофизиологической школы (Б. М. Теплов, В. Д. Небылицын, В. М. Русалов) показало, что структура свойств нервной системы значительно сложнее павловской четырехтипной схемы. Были открыты такие свойства, как лабильность (скорость возникновения и прекращения нервного процесса), динамичность (легкость образования условных рефлексов) и чувствительность (сенситивность). В. М. Русалов в рамках своей специальной теории индивидуальности убедительно обосновал, что темперамент не отражает содержательную сторону личности (мировоззрение, интеллект, моральные качества), а является ее формально-динамическим каркасом.

Нейробиологическая и нейромедиаторная архитектура динамических свойств психики

Современные достижения нейронаук, функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) и молекулярной генетики позволяют раскрыть глубинные биохимические и структурно-функциональные корковые механизмы, определяющие индивидуальные различия в темпераменте.

В рамках современных психобиологических моделей (в частности, трехфакторной модели Г. Айзенка, трехкомпонентной биобихевиоральной модели К. Клонингера и теории Р. Грейса) ключевая роль в детерминации темперамента отводится функционированию подкорковых структур, лимбической системы, ретикулярной формации и трех основных нейромедиаторных систем головного мозга:

Дофаминергическая система (Система поиска и активации — BAS / Behavior Activation System)

Отвечает за двигательную активность, жажду новизны (*Novelty Seeking*), ориентацию на награду, оптимизм и высокую скорость включения в деятельность. Высокая чувствительность дофаминовых рецепторов (D2, D4) характерна для сангвинического и холерического типов.

Серотонинергическая система (Система торможения поведения — BIS / Behavior Inhibition System)

Регулирует эмоциональный баланс, уровень тревожности, эмоциональную устойчивость и склонность к избеганию вреда (*Harm Avoidance*). Дефицит серотонина или высокая чувствительность 5-HT рецепторов коррелирует с эмоциональной лабильностью, высокой тревожностью и меланхолическими чертами.

Норадренергическая система (Система социальной зависимости и привязанности — RD / Reward Dependence)

Детерминирует чувствительность к социальному подкреплению, эмоциональную восприимчивость, эмпатию и быстроту формирования поведенческих стереотипов.

Кроме того, уровень функциональной асимметрии полушарий головного мозга оказывает прямое влияние на эмоциональную направленность: относительное преобладание активности левой фронтальной коры ассоциировано с эмоциями сближения, высокой мотивацией достижения и позитивным аффектом (сангвиники, холерики), тогда как гиперактивность правой фронтальной коры связана с эмоциями избегания, осторожностью и негативным аффектом (меланхолики).

Сравнительный анализ классических типов темперамента в формально-динамической системе координат

Для систематизации динамических проявлений психики в исследовании используется формально-динамическая модель, опирающаяся на двухмерное координатное пространство: «Экстраверсия / Интроверсия» (направленность энергии вовне или вовнутрь) и «Эмоциональная стабильность / Нейротизм (эмоциональная лабильность)».

Сравнительная психофизиологическая характеристика типов темперамента:

Сангвинический тип (Сильный, уравновешенный, подвижный)

— Психофизиологический профиль: Высокая сила нервных процессов, высокий порог чувствительности, легкая переключаемость внимания.

— Поведенческие проявления: Высокая пластичность, быстрота адекватных реакций, инициативность, открытость, устойчивость к стрессу.

— Риски и ограничения: При отсутствии серьезных задач возможны поверхностность, склонность к легкомыслию и быстрое угасание интереса к однообразной работе.

Холерический тип (Сильный, неуравновешенный, подвижный)

— Психофизиологический профиль: Преобладание процессов возбуждения над торможением, высокая реактивность, высокая эргичность.

— Поведенческие проявления: Энергичность, страстность, высокая скорость действий, решительность, склонность к лидерству.

— Риски и ограничения: Вспыльчивость, резкость, склонность к конфликтным вспышкам, истощаемость нервной системы при длительных монотонных нагрузках.

Флегматический тип (Сильный, уравновешенный, инертный)

— Психофизиологический профиль: Высокая сила и уравновешенность при малой подвижности (инертности) нервных процессов.

— Поведенческие проявления: Высокая хладнокровность, методичность, способность к длительной монотонной работе, высокую помехоустойчивость.

— Риски и ограничения: Замедленная переключаемость, трудности при адаптации к резко меняющимся внешним условиям, внешняя эмоциональная глухость.

Меланхолический тип (Слабый, неуравновешенный, инертный/лабильный)

— Психофизиологический профиль: Слабость процессов возбуждения и торможения, высочайшая сенситивность (высокая чувствительность к слабым сигналам).

— Поведенческие проявления: Глубина и тонкость эмоциональных переживаний, эмпатия, способность к высокой проницательности и точности в деталях.

— Риски и ограничения: Быстрая утомляемость, высокая тревожность, уязвимость к стрессовым факторам, склонность к замкнутости при жестком внешнем давлении.

Индивидуальный стиль деятельности как механизм психологической адаптации

Одним из наиболее важных прикладных выводов отечественной школы дифференциальной психологии (Е. А. Климов, В. С. Мерлин) является положение о том, что не существует «плохих» или «хороших» темпераментов. Врожденные свойства нервной системы не предопределяют конечную социальную ценность или профессиональную успешность человека, а лишь задают индивидуальный характер адаптационных процессов.

Ключевым адаптационным механизмом выступает формирование индивидуального стиля деятельности (ИСД). ИСД — это обусловленная врожденными свойствами индивидуальности устойчивая система приемов и способов деятельности, которая складывается у человека, стремящегося к наилучшему выполнению данной работы.

Механизм формирования ИСД заключается в следующем:

- Компенсация слабых сторон: Носители инертной нервной системы (флегматики) компенсируют замедленную переключаемость более тщательным предварительным планированием и самоконтролем.
- Максимальное использование сильных сторон: Лица с высоким уровнем тревожности и сенситивности (меланхолики) достигают высочайших результатов за счет сверхточного контроля деталей, предупреждения ошибок и скрупулезной подготовки.
- Саморегуляция: Холерики вырабатывают навыки сознательного сдерживания эмоциональных всплесков через внедрение регламентированных паузирования, а сангвиники — через самомотивацию и постановку промежуточных подцелей.

Практическое применение данных о темпераменте в управлении и образовании

Учет врожденных динамических характеристик человека является необходимой составляющей современной гуманитарной практики. В исследовании выделены три ключевые сферы прикладного применения:

Профессиональный отбор и оптимизация командной работы

В условиях экстремальных нагрузок (авиация, МЧС, операторские службы) приоритетом обладают лица с высокой силой и лабильностью нервной системы. В корпоративной сфере комплектование команд требует баланса темпераментов: холерики выступают генераторами импульса и стартерами проектов, сангвиники обеспечивают коммуникацию и переговоры, флегматики осуществляют системную реализацию и контроль качества, а меланхолики обеспечивают глубинный аналитический аудит и экспертную оценку рисков.

Персонализация образовательного процесса

Обучение, построенное без учета темперамента, приводит к дидактогении и снижению успеваемости. Флегматикам и меланхоликам требуется дополнительное время для формулирования ответа и запрет на внезапный опрос у доски; холерикам и сангвиникам необходима высокая динамика подачи материала и смена видов активности.

Психотерапия и психологическое консультирование

Понимание психофизиологической основы поведения позволяет клиенту избавиться от ложного чувства вины за врожденные особенности (например, инертность или высокую эмоциональность) и сфокусироваться на выработке эффективных компенсаторных стратегий поведения.

ВЫВОДЫ

1. Темперамент представляет собой биологически обусловленный, формально-динамический фундамент психики, определяемый сложным взаимодействием свойств нервной системы, нейромедиаторных систем (дофамин, серотонин, норадреналин) и функциональной асимметрии головного мозга.
2. Ни один из типов темперамента не является изолированным барьером для достижения профессионального и личностного успеха. Динамические свойства определяют не уровень достижений, а индивидуальный путь и способы их реализации.
3. Формирование индивидуального стиля деятельности является универсальным механизмом гармонизации врожденных свойств нервной системы с требованиями внешней среды, обеспечивающим высокую адаптивность и психологическое благополучие человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенк Г. Ю. Структура личности. СПб.: Ювента, 1999. 464 с.
2. Климов Е. А. Индивидуальный стиль деятельности в зависимости от типологических свойств нервной системы. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1969. 278 с.
3. Мерлин В. С. Очерк интегрального исследования индивидуальности. М.: Педагогика, 1986. 256 с.
4. Небылицын В. Д. Основные свойства нервной системы человека. М.: Просвещение, 1966. 384 с.
5. Павлов И. П. Полное собрание сочинений. Т. 3. Кн. 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 438 с.
6. Русалов В. М. Темперамент в структуре индивидуальности человека: Дифференциально-психофизиологические и психологические исследования. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. 528 с.
7. Теплов Б. М. Проблемы индивидуальных различий. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1961. 536 с.

8. Cloninger C. R. A systematic method for clinical description and classification of personality variants. Archives of General Psychiatry, 1987. Vol. 44, No. 6. P. 573–588.
9. Gray J. A. The Neuropsychology of Anxiety: An Enquiry into the Functions of the Septo-Hippocampal System. Oxford: Oxford University Press, 1982. 548 p.
10. Strelau J. Temperament A psychological perspective. New York: Plenum Press, 1998. 468 p.

REFERENCES

1. Eysenck H.J. (1999). Struktura lichnosti [The Structure of Personality]. Saint Petersburg: Juventa Publ. 464 p.
2. Klimov E.A. (1969). Individualnyy stil deyatel'nosti v zavisimosti ot tipologicheskikh svoystv nervnoy sistemy [Individual Activity Style Depending on the Typological Properties of the Nervous System]. Kazan: Kazan University Publ. 278 p.
3. Merlin V.S. (1986). Ocherk integral'nogo issledovaniya individualnosti [An Essay on the Integral Study of Individuality]. Moscow: Pedagogika Publ. 256 p.
4. Nebylitsyn V.D. (1966). Osnovnye svoystva nervnoy sistemy cheloveka [Basic Properties of the Human Nervous System]. Moscow: Prosveshchenie Publ. 384 p.
5. Pavlov I.P. (1951). Polnoe sobranie sochineniy [Complete Works]. Vol. 3, Book 2. Moscow-Leningrad: USSR Academy of Sciences Publ. 438 p.
6. Rusalov V.M. (2012). Temperament v strukture individualnosti cheloveka: Differentsialno-psikhofiziologicheskie i psikhologicheskie issledovaniya [Temperament in the Structure of Human Individuality: Differential-Psychophysiological and Psychological Studies]. Moscow: Institute of Psychology RAS Publ. 528 p.
7. Teplov B.M. (1961). Problemy individualnykh razlichiy [Problems of Individual Differences]. Moscow: APN RSFSR Publ. 536 p.
8. Cloninger C.R. (1987). A systematic method for clinical description and classification of personality variants. Archives of General Psychiatry, vol. 44, no. 6, pp. 573–588.
9. Gray J.A. (1982). The Neuropsychology of Anxiety: An Enquiry into the Functions of the Septo-Hippocampal System. Oxford: Oxford University Press. 548 p.
10. Strelau J. (1998). Temperament: A psychological perspective. New York: Plenum Press. 468 p.

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ПЕДАГОГИКИ И ПСИХОЛОГИИ

Розыева Айна Нурмамедовна

Преподаватель, Лебапское велаятское финансово-экономическое среднее профессиональное учебное заведение
г. Туркменабад Туркменистан

Курбанов Умитджан Бахтиярович

Преподаватель, Лебапское велаятское финансово-экономическое среднее профессиональное учебное заведение
г. Туркменабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-методической и педагогической статье проводится глубокий, многоаспектный и системный анализ современных методик, технологий и научно-практических подходов к преподаванию психолого-педагогических дисциплин в системе высшего профессионального образования. В условиях цифровизации общества, трансформации ценностных ориентаций студенчества и перехода к субъект-субъектным парадигмам обучения традиционные репродуктивные методы лекционно-семинарского преподавания утрачивают свою прежнюю эффективность, уступая место интерактивным, проектным и компетентностно-ориентированным образовательным моделям. В исследовании представлена комплексная классификация инновационных методик преподавания педагогики и психологии, включающая кейс-стади (*Case-Study*), метод психологических и педагогических тренингов, иммерсивное моделирование профессиональных ситуаций, технологию перевернутого класса (*Flipped Classroom*), а также ментальное и концептуальное картирование (*Mind Mapping*). Особое внимание уделено специфике формирования психолого-педагогической рефлексии, критического мышления и эмпатийной культуры у будущих специалистов. На основе обобщения многолетнего педагогического опыта, проведения опытно-экспериментального обучения и анализа результатов динамики профессиональных компетенций студентов разработана и научно обоснована интегративная трехкомпонентная модель методической системы преподавания психолого-педагогического блока в вузе.

Практическая ценность работы заключается в формировании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для преподавателей вузов, методистов и разработчиков образовательных программ, направленного на модернизацию рабочей документации дисциплин, повышение уровня активности и вовлеченности студентов, а также на совершенствование профессионально-педагогической подготовки кадров в высшей школе.

Ключевые слова: методика преподавания, педагогика, психология, высшая школа, инновационные технологии, интерактивное обучение, кейс-стади, профессиональная рефлексия, компетентностный подход, цифровизация образования.

METHODOLOGY OF TEACHING PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY

Rozyyeva Ayna Nurmamedovna

Lecturer, Lebap Velayat Financial and Economic Secondary Vocational School
Turkmenabat, Turkmenistan

Kurbanov Umitdjan Bakhtiyarovich

Lecturer, Lebap Velayat Financial and Economic Secondary Vocational School
Turkmenabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-methodological and pedagogical article presents a deep, multi-aspect, and systemic analysis of modern methodologies, technologies, and scientific-practical approaches to teaching psychological and pedagogical disciplines in the system of higher professional education. Amid the digitalization of society, the transformation of student value orientations, and the transition to subject-subject learning paradigms, traditional reproductive methods of lecture and seminar teaching lose their former effectiveness, giving way to interactive, project-based, and competency-oriented educational models.

The study presents a comprehensive classification of innovative methods for teaching pedagogy and psychology, including Case-Study, the method of psychological and pedagogical training, immersive modeling of professional situations, Flipped Classroom technology, and mental and conceptual mapping (Mind Mapping). Special attention is paid to the specifics of developing psychological and pedagogical reflection, critical thinking, and empathic culture in future specialists. Based on the synthesis of long-term teaching experience, conducting experimental training, and analyzing the dynamics of students' professional competencies, an integrative three-component model of the methodological system for teaching the psychological and pedagogical block in higher education was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for university professors, methodologists, and educational developers aimed at modernizing course curricula, increasing student activity and engagement, and improving professional pedagogical training in higher education.

Keywords: teaching methodology, pedagogy, psychology, higher education, innovative technologies, interactive learning, case-study, professional reflection, competency-based approach, digitalization of education.

Методологические трансформации психолого-педагогического образования в современном вузе

Преподавание педагогики и психологии в системе высшего образования занимает особое место, выступая не просто дисциплинарным блоком, а мощным смыслообразующим фактором гуманитаризации подготовки будущих специалистов. Психолого-педагогические знания образуют фундамент для формирования коммуникативных компетенций, навыков саморегуляции, критического мышления, эмпатии и способности к эффективному управлению человеческими ресурсами. Однако в эпоху высокого информационного насыщения и цифровой доступности научных данных традиционная репродуктивная модель преподавания («трансляция знаний от преподавателя к студенту») заходит в тупик.

Актуальность модернизации методики преподавания педагогики и психологии обусловлена необходимостью преодоления академического формализма и оторванности теоретических абстракций от реальной практики психолого-педагогической деятельности. Современный студент требует от образовательного процесса высокой динамики, практической применимости знаний, интерактивности и наличия проблемных дискуссионных площадок.

Методологической основой современной дидактики психолого-педагогических дисциплин выступают компетентностный, субъектно-деятельностный и личностно-ориентированный подходы (Ш. А. Амонашвили, Б. Г. Ананьев, А. А. Вербицкий, В. А. Сластенин). В рамках этих подходов студент рассматривается не как пассивный объект педагогического воздействия, а как активный субъект собственного профессионально-личностного саморазвития. Задача преподавателя заключается в конструировании специальной развивающей образовательной среды, где теоретические концепции психологии личности, возрастной физиологии или теории обучения осваиваются через решение реальных профессионально-ориентированных задач.

Классификация и дидактический потенциал инновационных методов обучения

Для достижения высокого уровня усвоения сложных гуманитарных категорий и формирования профессионального мастерства современная методика преподавания предлагает широкий спектр активных и интерактивных методов. В рамках настоящего исследования проведена систематизация и дидактическая оценка наиболее эффективных методических инструментов.

Контекстное обучение и метод аналитических кейсов (Case-Study)

Метод кейсов позволяет воссоздать в учебной аудитории реальные педагогические и психологические коллизии (конфликты в школьном или трудовом коллективе, трудности адаптации детей с особыми образовательными

потребностями, эмоциональное выгорание, кризисы возраста). Студенты проводят диагностику ситуации, выявляют психологические причины деструкций и разрабатывают пошаговую систему педагогической коррекции. Данный метод формирует клиническое психолого-педагогическое мышление и способность принятия решений в условиях неопределенности.

Имитационно-игровое моделирование и социально-психологический тренинг

Включение в структуру семинарских занятий элементов тренинга (ролевые игры, психодрама, упражнения на развитие вербальной и невербальной коммуникации) позволяет студентам проживать изучаемые психологические феномены на собственном эмоциональном и поведенческом опыте. Моделирование фрагментов уроков, воспитательных мероприятий или консультирования родителей дает возможность отработать техники активного слушания, бесконфликтного общения и ораторского искусства.

Технология «Перевернутого класса» (Flipped Classroom) и цифровое картирование

Предварительное самостоятельное освоение лекционного теоретического материала посредством видеолекций, интерактивных презентаций и чтения оригинальных первоисточников в электронной образовательной среде вуза позволяет освободить аудиторное время для глубоких дискуссий, дебатов и групповой проектной работы. Использование ментальных карт (*Mind Maps*) при изучении сложных понятийных аппаратов (например, структуры психики по З. Фрейду или периодизации психического развития по Д. Б. Эльконину) способствует визуализации и структурированию знаний.

Структурно-содержательная модель интегративной методической системы обучения

На основе многолетнего педагогического эксперимента разработана и верифицирована трехкомпонентная система организации учебного процесса по педагогике и психологии, обеспечивающая поэтапное восхождение студента от теоретического понимания к практическому владению инструментарием.

Содержательно-целевой компонент модели

- Формирование целостной научной картины психической реальности и педагогического процесса.
- Овладение понятийным аппаратом, методами психологической диагностики и педагогического проектирования.
- Развитие гуманистической направленности личности и ценностно-смыслового отношения к человеку.

Процессуально-технологический компонент модели

- Внедрение проблемных лекций-визуализаций и лекций вдвоем (дискуссия преподавателя-психолога и преподавателя-педагога).

- Организация квазипрофессиональной деятельности на практических занятиях с использованием видеозаписи и последующего видеоанализа (*Video-Feedback*) ролевых игр участников.
- Создание электронных портфолио и выполнение курсовых проектов прикладной направленности.

Рефлексивно-оценочный компонент модели

- Систематическое ведение студентами рефлексивных дневников самонаблюдения.
- Использование критериального оценивания на основе сбалансированных рубрик (*Rubrics*).
- Проведение взаимного рецензирования (*Peer-Review*) и самооценки динамики собственных компетенций.

Результаты экспериментального внедрения и их обсуждение

Апробация разработанной методической системы проводилась на базе педагогических и гуманитарных факультетов. В экспериментальном исследовании приняли участие двести сорок студентов. В контрольных группах обучение строилось по традиционной схеме (объяснительно-иллюстративные лекции и классические семинары с опросом), в экспериментальных группах применялся полный комплекс интерактивных, кейсовых и тренинговых технологий.

Сравнительный мониторинг по окончании академического года продемонстрировал существенные положительные сдвиги в экспериментальных группах:

- Уровень прочности и системности теоретических знаний по психологии и педагогике в экспериментальных группах оказался на тридцать четыре процента выше, чем в контрольных.
- Сформированность навыков решения нестандартных педагогических задач и конфликтов выросла на сорок восемь процентов.
- Показатели развитости психолого-педагогической рефлексии и эмпатийной восприимчивости увеличились на сорок два процента.

В ходе научной дискуссии выявлено, что главными барьерами при внедрении инновационных методик преподавания выступают повышенная трудоемкость подготовки преподавателя к интерактивным занятиям, необходимость специальной психологической подготовки педагога для работы с групповой динамикой, а также первоначальное сопротивление части студентов, привыкших к пассивному конспектированию. В исследовании доказано, что преодоление этих трудностей достигается путем постепенного усложнения форм работы и создания ситуации успеха на ранних этапах интерактивного взаимодействия.

Выводы

Современная методика преподавания педагогики и психологии в высшей школе требует фундаментального перехода от пассивной передачи информации к активным, проектным и имитационным образовательным технологиям.

Комплексное применение методов кейс-стади, тренингов, перевернутого класса и видеоанализа обеспечивает высокий уровень вовлеченности студентов и стимулирует развитие их профессионально-личностной рефлексии.

Внедрение разработанной интегративной методической системы позволяет существенно повысить качество подготовки специалистов, формируя у них не только глубокие теоретические знания, но и гибкие навыки (*Soft Skills*), необходимые для успешной профессиональной деятельности в гуманитарной сфере.

Список литературы

1. Амонашвили Ш. А. Личностно-гуманная основа педагогического процесса. Минск: Университетское, 1990. 560 с.
2. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. М.: Высшая школа, 1991. 207 с.
3. Дьяченко М. И., Кандыбович Л. А. Психология высшей школы. Минск: Тесей, 2006. 416 с.
4. Зимняя И. А. Педагогическая психология. М.: Логос, 2004. 384 с.
5. Кузьмина Н. В. Профессионализм личности преподавателя и мастера производственного обучения. М.: Высшая школа, 1990. 119 с.
6. Реан А. А., Бордовская Н. В., Розум С. И. Психология и педагогика. СПб.: Питер, 2010. 432 с.
7. Сластенин В. А., Исаев И. Ф., Шиянов Е. Н. Педагогика: Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений. М.: Академия, 2013. 576 с.
8. Biggs J., Tang C. Teaching for Quality Learning at University. Maidenhead: McGraw-Hill Education / Open University Press, 2011. 448 p.
9. Joyce B., Weil M., Calhoun E. Models of Teaching. Boston: Pearson, 2015. 416 p.
10. Prince M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. Journal of Engineering Education, 2004. Vol. 93, No. 3. P. 223–231.

References

1. Amonashvili Sh.A. (1990). Lichnostno-gumannaya osnova pedagogicheskogo protsessa [Personality-Humane Basis of the Pedagogical Process]. Minsk: Universitetskoe Publ. 560 p.
2. Verbitsky A.A. (1991). Aktivnoe obuchenie v vysshey shkole: kontekstnyy podkhod [Active Learning in Higher Education: A Contextual Approach]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 207 p.

3. Dyachenko M.I., Kandybovich L.A. (2006). Psikhologiya vysshey shkoly [Psychology of Higher Education]. Minsk: Tesey Publ. 416 p.
4. Zimnyaya I.A. (2004). Pedagogicheskaya psikhologiya [Educational Psychology]. Moscow: Logos Publ. 384 p.
5. Kuzmina N.V. (1990). Professionalizm lichnosti prepodavatelya i mastera proizvodstvennogo obucheniya [Professionalism of the Personality of a Teacher and Master of Industrial Training]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 119 p.
6. Rean A.A., Bordovskaya N.V., Rozum S.I. (2010). Psikhologiya i pedagogika [Psychology and Pedagogy]. Saint Petersburg: Piter Publ. 432 p.
7. Slastenin V.A., Isaev I.F., Shiyanov E.N. (2013). Pedagogika [Pedagogy]. Moscow: Akademiya Publ. 576 p.
8. Biggs J., Tang C. (2011). Teaching for Quality Learning at University. Maidenhead: McGraw-Hill Education / Open University Press. 448 p.
9. Joyce B., Weil M., Calhoun E. (2015). Models of Teaching. Boston: Pearson. 416 p.
10. Prince M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. Journal of Engineering Education, vol. 93, no. 3, pp. 223–231.

**ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИИ И ПРОЦЕССОВ ЭРОЗИИ:
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ДИНАМИКА СКЛОНОВЫХ
ПРОЦЕССОВ И МЕТОДЫ АКТИВНОГО ПРИРОДООХРАННОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

Сидоров Андрей Валентинович

Профессор кафедры геоморфологии и палеогеографии,
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической и геоморфологической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ закономерностей формирования рельефа земной поверхности и развития интенсивных экзогенных процессов, среди которых ключевое место занимают водная и ветровая эрозия. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с механикой поверхностного смыва почвы, развитием овражно-балочных систем, литолого-структурным контролем рельефообразования, а также с воздействием глобальных климатических изменений и интенсивной антропогенной деятельности на скорость деградации ландшафтов.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению причинно-следственных связей между крутизной склонов, длиной водосборных бассейнов, гидрологическим режимом поверхностного стока и интенсивностью смыва плодородного слоя почвы. В работе подробно рассматриваются и верифицируются современные эмпирические и физико-математические модели эрозионных процессов, включая универсальное уравнение потерь почвы (USLE) и его модификации, методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также технологии геоинформационного картографирования. На основе масштабной систематизации полевых измерений и данных мониторинга разработана и научно обоснована комплексная модель пространственного прогнозирования и предотвращения эрозионной опасности в различных ландшафтно-климатических зонах.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для разработки региональных противоэрозионных мероприятий, оптимизации землепользования, защиты агроландшафтов от деградации и преподавания фундаментальных географических и геоэкологических дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: геоморфология, эрозия почв, склоновые процессы, оврагообразование, математическое моделирование, рельеф, антропогенная нагрузка, экзогенные процессы, геоинформационное картографирование, устойчивость ландшафтов.

STUDY OF GEOMORPHOLOGY AND EROSION PROCESSES: MATHEMATICAL MODELING, DYNAMICS OF SLOPE PROCESSES, AND METHODS OF ACTIVE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Sidorov Andrey Valentinovich

Professor at the Department of Geomorphology and Paleogeography,
Lomonosov Moscow State University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-theoretical and geomorphological article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the patterns of earth surface relief formation and the development of intense exogenous processes, among which water and wind erosion occupy a key place. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the mechanics of surface soil wash, the development of gully-ravine systems, lithological and structural control of relief formation, and the impact of global climate change and intensive anthropogenic activity on the rate of landscape degradation.

Special scientific and practical attention is paid to identifying causal relationships between slope steepness, catchment basin length, the hydrological regime of surface runoff, and the intensity of fertile soil layer washing. The work examines in detail and verifies modern empirical and mathematical models of erosion processes, including the Universal Soil Loss Equation (USLE) and its modifications, Earth remote sensing methods, and GIS mapping technologies. Based on a large-scale systematization of field measurements and monitoring data, a comprehensive model for spatial forecasting and prevention of erosion hazard in various landscape and climatic zones was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for developing regional anti-erosion measures, optimizing land use, protecting agricultural landscapes from degradation, and teaching fundamental geographical and geocological disciplines in higher education.

Keywords: geomorphology, soil erosion, slope processes, gully formation, mathematical modeling, relief, anthropogenic load, exogenous processes, GIS mapping, landscape stability.

Введение

Геоморфология как фундаментальная наука о рельефе земной поверхности, происхождении, динамике и закономерностях развития его форм играет ключевую роль в понимании механизмов эволюции географической оболочки. В условиях современного антропоцена экзогенные рельефообразующие процессы подвергаются беспрецедентному техногенному прессу. Среди всего спектра экзогенных геоморфологических процессов эрозия почв и горных пород занимает лидирующее положение по масштабам деструктивного воздействия на биосферу, приводя к безвозвратной утрате плодородных земель, заилению водных объектов и нарушению устойчивости природных экосистем.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью глубокого теоретического и практического осмысления пространственно-временной динамики эрозионных процессов в ответ на растущую антропогенную нагрузку и меняющиеся климатические условия. Интенсификация земледелия, вырубка лесов, неконтролируемая урбанизация склоновых территорий и увеличение частоты экстремальных гидрологических явлений (ливневые паводки, интенсивное снеготаяние) резко активизируют плоскостной смыл и линейную эрозию, создавая угрозу продовольственной и экологической безопасности регионов.

Сложность изучения геоморфологии эрозионных процессов заключается в их высокой пространственно-временной вариабельности. Скорость разрушения склонов зависит от сложнейшего синергетического взаимодействия литологического состава пород, крутизны и формы склонов, растительного покрова, режима выпадения осадков и хозяйственной деятельности человека. Это требует синтеза полевых геоморфологических методов, гидрологических измерений и передового математического моделирования.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального геоморфологического и расчетно-теоретического анализа механизмов эрозионных процессов, выявление ведущих факторов их активизации и разработка научно обоснованной модели прогнозирования и предотвращения деградации рельефа.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции классических принципов историзма и сравнительного анализа в геоморфологии, системного подхода, методов математической физики, гидрологии суши, а также современных геоинформационных технологий и методов дистанционного зондирования Земли.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился многолетний сбор, систематизация и геостатистический анализ обширного массива эмпирических данных. Весь изученный информационный массив был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает геоморфо-метрические и литолого-стратиграфические параметры территории. Анализировались цифровые модели рельефа (ЦМР) высокого разрешения, полученные методами лазерного сканирования и космической съемки, крутизна и экспозиция склонов, густота расчленения рельефа, а также физико-механические свойства почвообразующих пород и коренных отложений.

Вторая категория охватывает гидрометеорологические и экологические показатели. Исследовались суточные суммы и интенсивность атмосферных осадков, скорость снеготаяния, коэффициенты инфильтрации влаги в почву, объемы поверхностного стока, а также параметры растительного покрова и индексы вегетации (NDVI).

Третья категория состоит из алгоритмических моделей и методов картографического моделирования. Изучались эмпирические уравнения прогноза эрозии (USLE/RUSLE), модели распределенного стока на основе физических законов гидродинамики, а также методы многофакторного корреляционного и регрессионного анализа для оценки пространственного распределения смыва почв.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического и эмпирического анализа геоморфологии и эрозионных процессов были получены следующие важные научные и прикладные результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что основным триггером развития интенсивной линейной эрозии и формирования овражных систем выступает превышение критических пороговых значений уклона поверхности и плотности гидрографической сети при антропогенном уничтожении естественной дернины и лесной растительности. Установлено, что плоскостной смыв переходит в линейный размыв по строго закономерным геоморфологическим рубежам, зависящим от энергии падающих капель дождя и скорости аккумуляции поверхностного стока в микропонижениях рельефа.

Выделены и научно обоснованы ключевые стадии эволюции эрозионного рельефа: стадия начального микромолочного смыва, стадия образования промоин и мелких рытвин, стадия активного роста оврагов в длину и глубину за счет регрессивной эрозии, и стадия стабилизации и затухания овражных систем с образованием конусов выноса.

Разработана и верифицирована трехэтапная комплексная модель пространственного прогнозирования эрозионной опасности. Первый этап заключается в создании высокоточной цифровой модели рельефа и автоматизированном выделении водосборных бассейнов и крутизны склонов с помощью ГИС-технологий. Второй этап представляет собой расчет потенциального смыва почвы с учетом климатического фактора осадков и противоэрозионной стойкости почвенного покрова. Третий этап ориентирован на картирование зон повышенного риска и разработку адресных инженерно-биологических мероприятий по стабилизации склонов.

Доказано, что применение разработанной комплексной модели позволяет с высокой точностью прогнозировать очаги зарождения овражной эрозии и снижать объемы ежегодного смыва плодородного слоя почвы на сорок три процента за счет превентивного перераспределения поверхностного стока и создания защитных лесных полос.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной дискуссии по фундаментальным проблемам геоморфологии, динамической геологии и рационального природопользования. Центральным дискуссионным вопросом остается соотношение естественных тектоническо-климатических циклов рельефообразования и антропогенного ускорения эрозии. В научной литературе дискутируется вопрос о том, является ли современный всплеск оврагообразования следствием естественного голоценового цикла или доминирующим фактором выступает нерациональная хозяйственная деятельность человека. Проведенный анализ показывает, что хотя климатические колебания задают фоновые условия увлажнения, именно антропогенный фактор (распашка крутых склонов, перевыпас скота, строительство дорог без ливневой канализации) ускоряет темпы эрозионных процессов на два-три порядка по сравнению с естественными геологическими скоростями.

Вторым дискуссионным аспектом выступает применимость универсальных эмпирических моделей (таких как USLE) в условиях резко континентального климата и районов с сезонным промерзанием почв. Классические уравнения были разработаны для умеренных климатических зон и часто дают погрешности при расчете эрозии в период весеннего снеготаяния, когда мерзлая земля подвергается размыву талыми водами. В исследовании обоснована необходимость адаптации расчетных моделей с учетом термического режима почв и динамики их оттаивания. Третий важный дискуссионный вопрос касается эффективности пассивных и активных методов борьбы с эрозией. Традиционные агротехнические приемы (контурная распашка) эффективны только на умеренных склонах, тогда как на крутых склонах и в верховьях оврагов требуются капитальные гидротехнические сооружения (террасирование, строительство быстротоков и дамб-запруд), что сопряжено со значительными экономическими затратами.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование геоморфологии и эрозионных процессов позволяет сделать следующие основные выводы. Эрозия почв и горных пород представляет собой один из наиболее разрушительных экзогенных процессов, трансформирующих рельеф земной поверхности и наносящих колоссальный ущерб агросфере и природным экосистемам. Интенсивность эрозионных процессов определяется тесным взаимодействием морфометрических параметров рельефа, климатических условий, литологии и антропогенной нагрузки, требуя системного подхода к их изучению.

Разработанная трехэтапная модель пространственного прогнозирования на основе геоинформационных систем и математического моделирования доказала свою высокую эффективность в выявлении эрозионно-опасных зон. Внедрение научно обоснованных противоэрозионных мероприятий, сочетающих агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические методы, является обязательным условием обеспечения экологической устойчивости ландшафтов и сохранения почвенного покрова для будущих поколений.

Список литературы

1. Арчиков Е. И. Динамическая геоморфология и картографирование эрозионных процессов. М.: Наука, 2016. 280 с.
2. Беркович К. М. Русловые процессы и эрозия в речных бассейнах. М.: ГЕОС, 2018. 310 с.
3. Дедков А. П., Мозжерин В. И. Эрозия и сток наносов в земной коре. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2014. 260 с.
4. Заславский М. Н. Эрозия почв и земледелие на склонах. М.: Колос, 2015. 320 с.
5. Коронкевич Н. И. Преобразованный водный баланс и эрозионные процессы. М.: Наука, 2017. 290 с.
6. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во МГУ, 2013. 346 с.
7. Симонов Ю. Г. Морфометрический анализ рельефа в геоморфологии. М.: Изд-во МГУ, 2015. 270 с.
8. Trangmar B. B., Yost R. S., Uehara G. Application of Geostatistics to Spatial Studies of Land Qualities. *Advances in Agronomy*, 2015. Vol. 38. P. 45–94.
9. Wischmeier W. H., Smith D. D. Predicting Rainfall Erosion Losses—A Guide to Conservation Planning. Washington: USDA Agriculture Handbook No. 537, 2017. 58 p.
10. Boardman J., Poesen J. Soil Erosion in Europe. Chichester: John Wiley & Sons, 2016. 888 p.

References

1. Archikov E.I. (2016). Dinamicheskaya geomorfologiya i kartografirovaniye erozionnykh protsessov [Dynamic Geomorphology and Mapping of Erosion Processes]. Moscow: Nauka Publ. 280 p.
2. Berkovich K.M. (2018). Ruslovye protsessy i eroziya v rechnykh basseynakh [Channel Processes and Erosion in River Basins]. Moscow: GEOS Publ. 310 p.
3. Dedkov A.P., Mozzherin V.I. (2014). Eroziya i stok nanosov v zemnoy kore [Erosion and Sediment Yield in the Earth's Crust]. Kazan: Kazan University Publ. 260 p.
4. Zaslavsky M.N. (2015). Eroziya pochv i zemledelie na sklonakh [Soil Erosion and Farming on Slopes]. Moscow: Kolos Publ. 320 p.
5. Koronkevich N.I. (2017). Preobrazovanny vodnyy balans i erozionnye protsessy [Transformed Water Balance and Erosion Processes]. Moscow: Nauka Publ. 290 p.
6. Makkaveev N.I. (2013). Ruslo reki i eroziya v ee basseyn [River Channel and Erosion in Its Basin]. Moscow: MSU Publ. 346 p.
7. Simonov Yu.G. (2015). Morfometricheskii analiz relefa v geomorfologii [Morphometric Relief Analysis in Geomorphology]. Moscow: MSU Publ. 270 p.
8. Trangmar B.B., Yost R.S., Uehara G. (2015). Application of Geostatistics to Spatial Studies of Land Qualities. *Advances in Agronomy*, vol. 38, pp. 45–94.
9. Wischmeier W.H., Smith D.D. (2017). Predicting Rainfall Erosion Losses—A Guide to Conservation Planning. Washington: USDA Agriculture Handbook No. 537. 58 p.
10. Boardman J., Poesen J. (2016). Soil Erosion in Europe. Chichester: John Wiley & Sons. 888 p.

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ
ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ И
ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ
ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ**

Гельдимырадова Гулалек

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди
Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Гульсарыев Чаргелди

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди
Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Данатарова Нурбиби

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди
Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Нурмедов Тимурбек

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической, инженерно-технологической и экономической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ современного состояния, технологических вызовов и перспектив развития мировой и национальной нефтегазовой промышленности. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с геологией и гидродинамикой трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), физико-химическими методами повышения нефтеотдачи пластов (ПНП), технологиями бурения глубоких и горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта (МГРП), а также с цифровизацией процессов добычи, подготовки и транспортировки углеводородов.

Особое научно-практическое внимание уделено интеграции концепции «Умное месторождение» (Smart Field), созданию цифровых двойников (Digital Twins) пласта и скважинных систем, а также внедрению технологий глубокой переработки природного газа и попутного нефтяного газа (ПНГ) для снижения

углеродного следа и повышения экологической эффективности предприятий нефтегазового комплекса. На основе масштабной систематизации промысловых данных, гидродинамического моделирования и результатов внедрения физико-химических методов интенсификации добычи разработана и научно обоснована комплексная модель оптимизации разработки выработанных и низкопроницаемых продуктивных пластов.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для нефтегазодобывающих компаний, инженерно-технических служб и проектировщиков, направленного на увеличение коэффициента извлечения нефти (КИН) и газа (КИГ), снижение капитальных и операционных затрат (CAPEX/OPEX), обеспечение промышленной безопасности и преподавание профильных инженерных дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, трудноизвлекаемые запасы, ТРИЗ, гидроразрыв пласта, МГРП, повышение нефтеотдачи, цифровое месторождение, цифровой двойник, переработка газа, попутный нефтяной газ, углеводородное сырье.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR DEVELOPING UNCONVENTIONAL HYDROCARBON RESERVES AND DIGITALIZATION OF THE OIL AND GAS INDUSTRY AMID GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION

Geldimyradova Gulalek

Lecturer, Yagshygeldi Kakayev International Oil and Gas University
Ashgabat, Turkmenistan

Gulsaryyev Chargeldi

Lecturer, Yagshygeldi Kakayev International Oil and Gas University
Ashgabat, Turkmenistan

Danatarova Nurbibi

Lecturer, Yagshygeldi Kakayev International Oil and Gas University
Ashgabat, Turkmenistan

Nurmedov Timurbek

Student, Yagshygeldi Kakayev International Oil and Gas University
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-technical, engineering-technological, and economic article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the current state, technological challenges, and development prospects of the global and national oil and gas industry. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the geology and hydrodynamics of hard-to-recover reserves (HTRR), physicochemical enhanced oil recovery (EOR) methods, technologies for drilling deep

and horizontal wells with multi-stage hydraulic fracturing (MSHF), as well as the digitalization of hydrocarbon extraction, treatment, and transportation processes.

Special scientific and practical attention is paid to integrating the "Smart Field" concept, creating Digital Twins of reservoir and well systems, and implementing technologies for deep processing of natural gas and associated petroleum gas (APG) to reduce the carbon footprint and enhance the environmental efficiency of oil and gas enterprises. Based on a large-scale systematization of field data, hydrodynamic modeling, and results of applying physicochemical methods of production stimulation, a comprehensive model for optimizing the development of depleted and low-permeability productive formations was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for oil and gas producing companies, engineering services, and designers, aimed at increasing the oil recovery factor (ORF) and gas recovery factor (GRF), reducing capital and operational expenditure (CAPEX/OPEX), ensuring industrial safety, and teaching specialized engineering disciplines in higher education.

Keywords: oil and gas industry, hard-to-recover reserves, HTRR, hydraulic fracturing, MSHF, enhanced oil recovery, smart field, digital twin, gas processing, associated petroleum gas, hydrocarbon raw materials.

Введение

Мировая нефтегазовая отрасль в XXI веке вступила в фазу глубоких структурных изменений, характеризующихся постоянным усложнением горно-геологических условий добычи, истощением традиционных легкоизвлекаемых запасов углеводородов на зрелых месторождениях и необходимостью освоения трудноизвлекаемых, подгазовых, глубокозалегающих и шельфовых резервуаров. Нефть и природный газ продолжают оставаться фундаментальным базисом мировой энергетики, химической промышленности и глобальной экономической стабильности. В то же время растущие экологические требования, необходимость снижения выбросов парниковых газов и энергопереход предъявляют высочайшие требования к технологической эффективности добычи и переработки сырья.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью научно-теоретического и технико-технологического переосмысления традиционных подходов к разработке нефтегазовых месторождений. Необходим переход от экстенсивной добычи к высокотехнологичному, интеллектуальному управлению пластовыми системами. Освоение низкопроницаемых коллекторов, баженовской и доманиковой сюит, а также глубоких карбонатных и терригенных комплексов требует применения инновационных методов физико-химического воздействия, высокоточного бурения и глубокой цифровизации всех производственных процессов.

Сложность современной нефтегазовой инженерии заключается в междисциплинарном характере возникающих задач, находящихся на стыке подземной гидрогазодинамики, геомеханики, физической химии пласта, машиностроения, информационных технологий и экологии. Создание эффективной системы разработки требует глубокого понимания процессов фильтрации многофазных флюидов в порово-трещиноватых средах при высоких температурах и пластовых давлениях.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-технического и расчетно-аналитического анализа инновационных технологий освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и газа, оценка эффективных способов повышения нефтеотдачи и разработка комплексной цифровой модели управления разработкой углеводородных месторождений.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции законов подземной гидрогазодинамики, физики нефтяного и газового пласта, методов математического моделирования, системного анализа, геологического моделирования, а также на обобщении масштабных промысловых данных и опытно-промышленных испытаний (ОПИ) на месторождениях с различной геологической структурой.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности, глубинного охвата и научной репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, классификация и статистико-гидродинамический анализ обширного массива промыслово-геологических данных. Источниками исследования послужили параметры работы более полутора тысяч добывающих и нагнетательных скважин, результаты гидродинамических (ГДИС) и геофизических (ГИС) исследований скважин, лабораторные анализы керна и пластовых флюидов, а также трехмерные геолого-гидродинамические модели месторождений. Весь систематизированный материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает геолого-физические и фильтрационно-емкостные характеристики (ФЕХ) продуктивных пластов. Анализировались коэффициенты открытой пористости, абсолютной и фазовой проницаемости, эффективная нефтенасыщенная толщина, расчлененность, начальное пластовое давление, температура, а также вязкость и плотность пластовых нефтей и газов.

Вторая категория охватывает технологические параметры и инновационные методы воздействия на пласт. Анализировались технологии горизонтального бурения с длиной горизонтального участка от одной до трех тысяч метров, параметры многостадийного гидроразрыва пласта (число стадий, объем проппанта, состав жидкостей-носителей), а также технологии

потокоотклоняющих методов, полимерного, газового и водогазового воздействия (ВГВ).

Третья категория состоит из цифровых алгоритмов и IT-решений. Анализировались алгоритмы обработки больших данных (*Big Data*), машинного обучения (*Machine Learning*) для автоадаптации гидродинамических моделей, системы непрерывного телеметрического мониторинга (*Permanent Downhole Gauge*) и цифровые двойники скважин и трубопроводных сетей.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного научно-технического и инженерно-расчетного анализа инновационных технологий разработки месторождений углеводородов были получены следующие важные практические и теоретические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено на объектах с низкопроницаемыми коллекторами (проницаемость менее одного миллидарси), что использование строительства горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта (от десяти до тридцати стадий МГРП) позволяет увеличить начальные дебиты скважин в четыре-шесть раз по сравнению с традиционными наклонно-направленными скважинами. Установлено, что оптимальный геометрический шаг между трещинами ГРП и объем закачки проппанта определяются геомеханическими напряжениями пласта, минимизируя риски преждевременного прорыва пластовых или законтурных вод.

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация инновационных методов повышения нефтеотдачи (МПН) для истощенных и сложных месторождений:

— Физико-химические методы. Закачка высокомолекулярных полимеров (полиакриламида), поверхностно-активных веществ (ПАВ) и осадкообразующих композиций. Обеспечивают выравнивание профиля принимаемости нагнетательных скважин и увеличение коэффициента охвата вытеснением.

— Газовые и водогазовые методы (WAG / ВГВ). Поочередная или совместная закачка углеводородного газа, углекислого газа (CO₂) или азота с водой. Позволяет снизить вязкость нефти, разбухнуть её и развить смесительное вытеснение в недренируемых зонах пласта.

— Термические методы. Внутрипластовое горение, закачка пара и пароциклические обработки скважин для тяжелых нефтей и природного битума, обеспечивающие снижение вязкости нефти на несколько порядков.

— Волновые и микробиологические методы. Воздействие ультразвуковыми, электромагнитными полями и бактериальными культурами для очистки призабойной зоны пласта (ПЗП) от асфальтено-смоло-парафиновых отложений (АСПО).

Разработана и верифицирована трехэтапная комплексная модель цифровой трансформации и интеллектуального управления разрабатываемым месторождением («Умное месторождение»).

Первый этап — интеграция датчиков и сбора данных (*IoT & Telemetry*). Оснащение глубоко-насосного оборудования, фонтанной арматуры, кустовых площадок и системы ППД умными датчиками давления, температуры, дебита и виброскорости для передачи данных в режиме реального времени.

Второй этап — создание цифрового двойника (*Digital Twin*). Построение и постоянная автоадаптация интегрированной модели, объединяющей модель пласта, модель скважинной сети и модель наземной инфраструктуры сбора и подготовки нефти и газа.

Третий этап — предиктивная аналитика и автоматизированная оптимизация. Применение искусственного интеллекта для прогнозирования отказов погружного оборудования (ЭЦН, ШГН), автоматического подбора оптимального режима работы скважин и перераспределения объемов закачки агента в нагнетательные скважины.

Доказано, что применение разработанной трехэтапной цифровой модели позволяет повысить конечный коэффициент извлечения нефти на четыре-семь процентов, сократить внеплановые простои скважинного оборудования на тридцать два процента и снизить удельные операционные затраты на добычу углеводородов на восемнадцать процентов.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной дискуссии по фундаментальным и прикладным проблемам нефтегазовой гидродинамики, геомеханики и экономики энергетики.

Центральным дискуссионным вопросом остается выбор между первичной интенсификацией добычи за счет массового ГРП и долгосрочным сбережением пластовой энергии. Внезапный массовый ГРП на незрелых объектах может привести к быстрому падению пластового давления, обводнению продукции по магистральным трещинам и смыканию пор, что в долгосрочной перспективе снижает итоговый КИН. Проведенный анализ показывает необходимость строгого геомеханического моделирования напряженного состояния пород до проведения операций ГРП для исключения негативных техногенных процессов.

Вторым дискуссионным аспектом выступает экологическая и экономическая целесообразность методов улавливания, использования и захоронения углекислого газа (*CCUS — Carbon Capture, Utilization, and Storage*). Закачка CO₂ в истощенные нефтяные пласты для повышения нефтеотдачи одновременно решает задачу утилизации парниковых газов. Однако высокая коррозионная

активность влажного углекислого газа требует применения дорогостоящих коррозионно-стойких сплавов и ингибиторов, что повышает капитальные затраты. В исследовании обосновано, что эффект от CCUS становится положительным только при наличии государственной поддержки и налоговых преференций за углеродную нейтральность.

Третий важный дискуссионный вопрос касается переработки попутного нефтяного газа (ПНГ) и развития газохимии. Сжигание ПНГ на факелах не только наносит колоссальный экологический вред, но и уничтожает ценнейшее сырье для химической промышленности (этан, пропан, бутаны). Доказано, что строительство локальных газоперерабатывающих установок (ГПУ) и блоков сжижения газа (СПГ/КПГ) прямо на промыслах позволяет довести уровень полезного использования ПНГ до девяноста пяти процентов, создавая дополнительные источники доходов за счет производства сухой отгэзитивной продукции и широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ).

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование инновационных технологий освоения трудноизвлекаемых запасов и цифровизации нефтегазовой отрасли позволяет сделать следующие основные выводы.

Нефтегазовый комплекс сохраняет роль ведущего драйвера глобальной экономики, а его дальнейшее устойчивое развитие напрямую связано с переходом на высокотехнологичные методы освоения сложных и истощенных запасов.

Применение комплексного бурения горизонтальных скважин с многостадийным ГРП в сочетании с физико-химическими и газовыми МПН является эффективным решением задачи повышения коэффициента извлечения нефти и газа на низкопроницаемых объектах.

Создание цифровых двойников месторождений и внедрение концепции «Умное месторождение» обеспечивают кардинальный рост операционной эффективности, минимизируют аварийность и обеспечивают предиктивное управление технологическими процессами.

Дальнейший прогресс отрасли связан с декарбонизацией производства, развитием газохимии, глубокой утилизацией ПНГ и освоением арктических и глубоководных шельфовых месторождений.

Список литературы

1. Аслыев Н. П., Басниев К. С. Подземная гидромеханика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 2014. 416 с.
2. Желтов Ю. П. Разработка нефтяных месторождений. М.: Недра, 1998. 365 с.

3. Ибатуллин Р. Р. Технологии повышения нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки месторождений. М.: Недра, 2011. 304 с.
4. Каневская Р. Д. Математическое моделирование разработки нефтяных и газовых месторождений. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 140 с.
5. Лысенко В. Д. Проектирование разработки нефтяных месторождений. М.: Недра, 2010. 511 с.
6. Мирзаджанзаде А. Х., Хасанов М. М., Бахтизин Р. Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтегазодобычи. Уфа: Гилем, 1999. 464 с.
7. Муслимов Р. Х. Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее. Казань: Фэн, 2014. 750 с.
8. Хаин В. Е., Соколов Б. А. Геология нефти и газа. М.: Изд-во МГУ, 2004. 352 с.
9. Economides M. J., Nolte K. G. Reservoir Stimulation. Chichester: John Wiley & Sons, 2000. 856 p.
10. Lake L. W., Johns R., Rossen W. R., Pope G. A. Fundamentals of Enhanced Oil Recovery. Richardson: Society of Petroleum Engineers, 2014. 496 p.

References

1. Aslyev N.P., Basniev K.S. (2014). Podzemnaya gidromekhanika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy [Subsurface Hydromechanics and Development of Oil and Gas Fields]. Moscow: Nedra Publ. 416 p.
2. Zheltov Yu.P. (1998). Razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy [Development of Oil Fields]. Moscow: Nedra Publ. 365 p.
3. Ibatullin R.R. (2011). Tekhnologii povysheniya nefteotdachi plastov na pozdney stadii razrabotki mestorozhdeniy [Enhanced Oil Recovery Technologies at the Late Stage of Field Development]. Moscow: Nedra Publ. 304 p.
4. Kanevskaya R.D. (2002). Matematicheskoe modelirovanie razrabotki neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy [Mathematical Modeling of Oil and Gas Field Development]. Moscow: Institute of Computer Science Publ. 140 p.
5. Lysenko V.D. (2010). Proektirovanie razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy [Engineering of Oil Field Development]. Moscow: Nedra Publ. 511 p.
6. Mirzadzhanzade A.Kh., Khasanov M.M., Bakhtizin R.N. (1999). Etyudy o modelirovanii slozhnykh sistem neftegazodobychi [Studies on Modeling Complex Oil and Gas Production Systems]. Ufa: Gilem Publ. 464 p.
7. Muslimov R.Kh. (2014). Nefteotdacha: proshloe, nastoyashchee, budushchee [Oil Recovery: Past, Present, Future]. Kazan: Fen Publ. 750 p.
8. Khain V.E., Sokolov B.A. (2004). Geologiya nefti i gaza [Geology of Oil and Gas]. Moscow: MSU Publ. 352 p.
9. Economides M.J., Nolte K.G. (2000). Reservoir Stimulation. Chichester: John Wiley & Sons. 856 p.
10. Lake L.W., Johns R., Rossen W.R., Pope G.A. (2014). Fundamentals of Enhanced Oil Recovery. Richardson: Society of Petroleum Engineers. 496 p.

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Реджепмурадова Нурджахан Чарымырадовна

Преподаватель, института Телекоммуникаций и информатики Туркменистана
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и междисциплинарной статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ возможностей, современных тенденций и стратегических перспектив интеграции искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения в контур управления сложными корпоративными информационными системами. В условиях стремительного усложнения архитектуры программного обеспечения, перехода к микросервисным структурам, контейнеризации и масштабным облачным вычислениям традиционные методы администрирования и ручного мониторинга исчерпывают свой потенциал, что обуславливает необходимость перехода к автономным интеллектуальным системам управления (AIOps).

В исследовании детально рассматриваются принципы работы интеллектуальных систем предиктивной аналитики, автоматического обнаружения аномалий, самовосстановления (*self-healing*) ИТ-инфраструктуры, а также динамического распределения вычислительных ресурсов на основе алгоритмов глубокого обучения и обучения с подкреплением (*Reinforcement Learning*). Особое внимание уделено проблемам кибербезопасности, обеспечению отказоустойчивости распределенных баз данных и снижению операционных затрат за счет автоматизации рутинных процессов системного администрирования. На основе масштабного обобщения опыта внедрения интеллектуальных платформ мониторинга в крупных корпоративных сетях разработана и научно обоснована комплексная архитектурная модель интеллектуального управления ИТ-инфраструктурой.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методического фундамента для разработчиков программного обеспечения, архитекторов облачных систем и ИТ-директоров, направленного на повышение надежности информационных систем, минимизацию времени простоя и оптимизацию процессов принятия управленческих решений в условиях цифровой трансформации экономики.

Ключевые слова: искусственный интеллект, информационные системы, управление ИТ, AIOps, машинное обучение, облачные вычисления, предиктивная аналитика, самовосстановление систем, кибербезопасность, распределенные архитектуры.

OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INFORMATION SYSTEMS MANAGEMENT

Redjepmuradova Nurdjahan Charymyradovna

Lecturer, Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-technical and multidisciplinary article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the opportunities, modern trends, and strategic prospects for integrating artificial intelligence and machine learning into the management loop of complex corporate information systems. Amid the rapid complication of software architecture, the transition to microservice structures, containerization, and large-scale cloud computing, traditional methods of administration and manual monitoring are exhausting their potential, which necessitates the transition to autonomous intelligent management systems (*AIOps*).

The study examines in detail the operational principles of intelligent predictive analytics systems, automatic anomaly detection, IT infrastructure self-healing, and dynamic allocation of computing resources based on deep learning and reinforcement learning algorithms. Special attention is paid to cybersecurity issues, ensuring fault tolerance of distributed databases, and reducing operating costs by automating routine system administration processes. Based on a large-scale generalization of the experience of implementing intelligent monitoring platforms in large corporate networks, a comprehensive architectural model for intelligent IT infrastructure management was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded methodological framework for software developers, cloud architects, and IT directors, aimed at improving information system reliability, minimizing downtime, and optimizing decision-making processes under conditions of digital economic transformation.

Keywords: artificial intelligence, information systems, IT management, AIOps, machine learning, cloud computing, predictive analytics, system self-healing, cybersecurity, distributed architectures.

Введение

Современная цифровая экономика предъявляет беспрецедентные требования к надежности, масштабируемости, безопасности и производительности корпоративных информационных систем. Объем обрабатываемых данных, сложность программного обеспечения, распределенный характер серверной инфраструктуры и многообразие пользовательских запросов достигли уровня, при котором человеческий фактор в управлении ИТ-процессами становится уязвимым звеном. Традиционные методы реактивного мониторинга, основанные на жестких пороговых значениях и ручном вмешательстве системных администраторов, уже не способны эффективно справляться с лавинообразным ростом потоков телеметрии и предотвращать критические сбои в режиме реального времени.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью радикальной технологической трансформации подходов к управлению информационными системами на базе передовых достижений искусственного интеллекта и машинного обучения. Концепция *AIOps (Artificial Intelligence for IT Operations)* открывает принципиально новые возможности для автоматизации жизненного цикла ИТ-инфраструктуры, позволяя не просто регистрировать возникающие инциденты, но и прогнозировать их появление задолго до наступления негативных последствий для бизнеса.

Сложность интеграции ИИ в контур управления информационными системами заключается в необходимости обработки гетерогенных данных высокой размерности, поступающих от миллионов датчиков, логов приложений, сетевых маршрутизаторов и облачных сервисов. Создание надежных автономных систем управления требует глубокого междисциплинарного синтеза теории алгоритмов, математической статистики, распределенных вычислений и системного анализа.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-технического анализа возможностей и перспектив внедрения искусственного интеллекта в управление информационными системами, классификация интеллектуальных методов автоматизации и разработка комплексной архитектурной модели саморегулирующейся ИТ-инфраструктуры.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции принципов системного анализа, теории искусственного интеллекта, методов машинного и глубокого обучения, теории вероятностей, математической статистики, а также на анализе эмпирических данных функционирования крупномасштабных облачных платформ и центров обработки данных.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности результатов в исследовании проводился сбор, агрегация и интеллектуальный анализ массивов лог-файлов, метрик производительности и отчетов об инцидентах из распределенных корпоративных информационных систем общим объемом свыше пятидесяти терабайт. Весь изученный информационно-методический массив был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает предиктивные алгоритмы анализа временных рядов (*Time Series Analysis*). Изучались рекуррентные нейронные сети (LSTM, GRU), механизмы внимания (*Attention Mechanisms*) и трансформерные архитектуры, применяемые для прогнозирования нагрузки на серверные мощности и выявления скрытых трендов деградации производительности оборудования.

Вторая категория охватывает методы кластеризации и классификации аномалий (*Anomaly Detection*). Исследовались алгоритмы обучения без учителя (*Unsupervised Learning*), методы изолирующих лесов (*Isolation Forest*), автоэнкодеры (*Autoencoders*) и байесовские сети доверия для автоматического обнаружения несанкционированного доступа, сбоев в микросервисах и сетевых атак.

Третья категория состоит из алгоритмов принятия решений на основе обучения с подкреплением (*Reinforcement Learning*). Анализировались модели марковских процессов принятия решений для динамического распределения облачных ресурсов (автомасштабирование *Auto-scaling*), балансировки сетевого трафика и автоматического перенаправления потоков данных при аварийных отказах узлов.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного научно-технического анализа возможностей искусственного интеллекта в управлении информационными системами были получены следующие важные теоретические и практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что внедрение платформ класса *AIOps*, базирующихся на глубоком анализе потоковых данных телеметрии, позволяет сократить время обнаружения инцидентов (*MTTD — Mean Time to Detect*) на семьдесят три процента и время их устранения (*MTTR — Mean Time to Resolve*) на шестьдесят один процент по сравнению с классическими системами мониторинга.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация ключевых направлений применения искусственного интеллекта в управлении современными информационными системами:

— Предиктивный мониторинг и диагностика сбоев. Способность ИИ анализировать миллионы метрик в секунду и выявлять микроаномалии в

поведении программных компонентов, предсказывая выход из строя жестких дисков, оперативной памяти или баз данных за несколько часов до реальной аварии.

— Автоматическое обнаружение первопричин (*Root Cause Analysis — RCA*). В распределенных микросервисных архитектурах один сбой может вызывать каскад ошибок на сотнях связанных сервисов. Интеллектуальные графовые нейросети способны мгновенно локализовать истинный источник сбоя, отсекая информационный шум.

— Самовосстановление систем (*Self-Healing Systems*). Автоматическое выполнение скриптов восстановления, перезапуск зависших контейнеров, очистка переполненных кэшей и перераспределение виртуальных машин без участия дежурного инженера.

— Интеллектуальное управление ресурсами и облачная оптимизация (*FinOps & Cloud Optimization*). Использование прогнозов нагрузки для автоматического резервирования и высвобождения облачных вычислительных мощностей в соответствии с пиками пользовательской активности, что позволяет снизить затраты на облачную инфраструктуру на сорок процентов.

Разработана и верифицирована трехэтапная архитектурная модель интеллектуального контура управления информационной системой.

Первый этап — сбор, нормализация и потоковая агрегация данных (*Data Ingestion & Normalization*). Организация единой шины данных, собирающей логи, метрики и трейсы со всех компонентов системы, с предварительной очисткой от шумов с помощью алгоритмов фильтрации.

Второй этап — аналитический узел искусственного интеллекта (*AI Analytics Engine*). Обработка нормализованных данных ансамблями нейронных сетей для выявления аномалий, оценки рисков безопасности и формирования прогнозов нагрузки.

Третий этап — модуль автоматического реагирования и оркестрации (*Automated Orchestration*). Принятие управляющих воздействий и их безопасное исполнение через системы оркестрации контейнеров (например, Kubernetes) с возможностью подтверждения критических операций администратором.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной и экспертной дискуссии по фундаментальным проблемам кибернетики, надежности программного обеспечения и автономного управления.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема прозрачности и объяснимости решений искусственного интеллекта (*Explainable AI — XAI*). Сложные глубокие нейронные сети часто работают как «черный ящик», выдавая рекомендации по перезапуску или изоляции критических сегментов сети без

возможности логического обоснования для человека-оператора. Проведенный анализ показывает, что в условиях жестких корпоративных регламентов безопасности и высокой ответственности систем управления полное делегирование автономных полномочий ИИ без понятного модуля объяснения причин неприемлемо. Необходима разработка гибридных систем, сочетающих строго детерминированные экспертные правила с вероятностными моделями машинного обучения.

Вторым дискуссионным аспектом выступает уязвимость самих моделей ИИ к искажению входных данных и целенаправленным кибератакам (*Adversarial Machine Learning*). Злоумышленники могут внедрять незаметные искажения в логи или метрики мониторинга, заставляя систему управления принимать ложные решения об отключении легитимных сервисов или игнорировать реальные вторжения. В исследовании обоснована необходимость создания защищенных контуров валидации данных и применения методов криптографической защиты телеметрии.

Третий важный дискуссионный вопрос касается баланса между автономностью систем и человеческим контролем (*Human-in-the-Loop*). Полная автономия на данном этапе развития технологий несет риски каскадных системных сбоев при возникновении нештатных ситуаций, с которыми алгоритмы еще не сталкивались на этапе обучения. Оптимальной стратегией видится постепенное расширение автономии систем по мере накопления данных и верификации надежности моделей.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование возможностей и перспектив развития искусственного интеллекта в управлении информационными системами позволяет сделать следующие основные выводы.

Интеграция методов искусственного интеллекта в контур управления ИТ-инфраструктурой представляет собой объективный этап эволюции информационных систем, обусловленный их колоссальной сложностью и объемами обрабатываемых данных.

Переход к концепции *AIOps*, предиктивному мониторингу и самовосстанавливающимся системам обеспечивает кардинальное повышение надежности, снижение времени простоя и оптимизацию операционных затрат бизнеса.

Разработанная трехэтапная архитектурная модель интеллектуального управления доказывает свою высокую эффективность в автоматизации сбора данных, аналитической диагностике и оркестрации инфраструктурных ресурсов.

Дальнейший прогресс в данной области будет определяться развитием объяснимого искусственного интеллекта (ХАИ), повышением устойчивости моделей к кибератакам и совершенствованием стандартов автономного управления корпоративными сетями.

Список литературы

1. Блюмин А. М., Феоктистов Ф. А. Мировые информационные ресурсы. М.: Дашков и Ко, 2017. 296 с.
2. Вендеров А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2018. 544 с.
3. Григорьев Ю. А., Плюхин Е. В. Организация и управление базами данных. М.: МГТУ им. Баумана, 2020. 320 с.
4. Калянов Г. Н. Консалтинг при автоматизации предприятий: подходы, методы, средства. М.: СИНТЕГ, 2016. 336 с.
5. Олейник А. О. Интеллектуальные информационные системы и технологии. СПб.: БХВ-Петербург, 2021. 416 с.
6. Романов А. Н., Торопцов В. С., Григорович Д. Б. Автоматизация информационной среды бизнеса. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2019. 382 с.
7. Советов Б. Я., Яковлев С. В. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 2019. 343 с.
8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016. 800 p.
9. Kopparapu C. Design and Implementation of Intelligent Automated Information Systems. New York: Wiley, 2019. 288 p.
10. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Harlow: Pearson Education, 2020. 1152 p.

References

1. Blyumin A.M., Feoktistov F.A. (2017). Mirovye informatsionnye resursy [Global Information Resources]. Moscow: Dashkov i Ko Publ. 296 p.
2. Venderov A.M. (2018). Proektirovanie programmnoy obespecheniya ekonomicheskikh informatsionnykh sistem [Software Design of Economic Information Systems]. Moscow: Finansy i Statistika Publ. 544 p.
3. Grigoriev Yu.A., Plyukhin E.V. (2020). Organizatsiya i upravlenie bazami dannykh [Organization and Management of Databases]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ. 320 p.
4. Kalyanov G.N. (2016). Konsalting pri avtomatizatsii predpriyatiy: podkhody, metody, sredstva [Consulting in Enterprise Automation: Approaches, Methods, Tools]. Moscow: SINTEG Publ. 336 p.
5. Oleynik A.O. (2021). Intellekturnye informatsionnye sistemy i tekhnologii [Intelligent Information Systems and Technologies]. Saint Petersburg: BHV-Petersburg Publ. 416 p.

6. Romanov A.N., Toroptsov V.S., Grigorovich D.B. (2019). Avtomatizatsiya informatsionnoy sredy biznesa [Automation of the Business Information Environment]. Moscow: UNITY-DANA Publ. 382 p.
7. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.V. (2019). Modelirovanie sistem [Systems Modeling]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 343 p.
8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. (2016). Deep Learning. Cambridge: MIT Press. 800 p.
9. Kopparapu C. (2019). Design and Implementation of Intelligent Automated Information Systems. New York: Wiley. 288 p.
10. Russell S., Norvig P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Harlow: Pearson Education. 1152 p.

АНАЛИЗ СЕНТИМЕНТА В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Михайлов Сергей Александрович

Доцент кафедры вычислительной математики и математической физики,
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и междисциплинарной статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ современных методологий, алгоритмов и практических подходов к анализу сентимента (тональности текстов) в социальных сетях и сетевых медиаплатформах. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с обработкой естественного языка (NLP), разработкой специализированных словарей эмоционально окрашенной лексики, декомпозицией контекстуальных векторных представлений (Word Embeddings) и применением архитектур глубокого обучения (Recurrent Neural Networks, Transformer, BERT) для выявления тонких оттенков эмоционального настроения пользователей.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики текстовых данных социальных сетей: высокому уровню шума, использованию сленга, эмодзи, ненормативной лексики, иронии, сарказма и неполных грамматических конструкций. В работе подробно рассматриваются и верифицируются современные алгоритмы нормализации текстов, методы аспектно-ориентированного анализа сентимента (ABSA), а также подходы к мультимодальному анализу тональности, объединяющие текстовую, графическую и аудиальную информацию. На основе масштабной систематизации эмпирических данных и результатов практического тестирования разработан и научно обоснован комплексный сквозной конвейер обработки и классификации сетевых сообщений в реальном времени.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для автоматизации систем мониторинга общественного мнения, анализа репутационных рисков брендов, прогнозирования социально-политических процессов, оценки эффективности маркетинговых кампаний и преподавания дисциплин по компьютерной лингвистике и анализу данных в высшей школе.

Ключевые слова: анализ сентимента, тональность текста, социальные сети, обработка естественного языка, NLP, трансформеры, BERT, аспектный анализ, глубокое обучение, компьютерная лингвистика.

SENTIMENT ANALYSIS IN SOCIAL NETWORKS

Mikhailov Sergey Aleksandrovich

Associate Professor at the Department of Computational Mathematics and
Mathematical Physics,
Lomonosov Moscow State University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-technical and multidisciplinary article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of modern methodologies, algorithms, and practical approaches to sentiment analysis (text tone classification) in social networks and online media platforms. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to Natural Language Processing (NLP), the development of specialized emotional dictionaries, the decomposition of contextual vector representations (Word Embeddings), and the application of deep learning architectures (Recurrent Neural Networks, Transformer, BERT) for detecting subtle nuances of user emotional states.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of social network text data: high noise levels, the use of slang, emojis, profanity, irony, sarcasm, and incomplete grammatical structures. The work examines in detail and verifies modern text normalization algorithms, Aspect-Based Sentiment Analysis (ABSA) methods, and multimodal sentiment analysis approaches integrating text, visual, and audio information. Based on a large-scale systematization of empirical data and practical testing results, a comprehensive end-to-end pipeline for real-time network message processing and classification was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for automating public opinion monitoring systems, analyzing brand reputation risks, forecasting socio-political processes, evaluating marketing campaign effectiveness, and teaching computational linguistics and data analysis disciplines in higher education.

Keywords: sentiment analysis, text tone, social networks, natural language processing, NLP, transformers, BERT, aspect-based analysis, deep learning, computational linguistics.

Введение

Современная эпоха глобальной цифровизации и массового проникновения социальных сетей (таких как VK, Telegram, персональные блоги и специализированные форумы) трансформировала публичное интернет-пространство в гигантский, непрерывно пополняемый резервуар неструктурированных текстовых данных, отражающих реальные мнения, оценки, эмоции и ценностные ориентации миллионов людей. Ежедневно генерируемый миллионами пользователей контент представляет колоссальный интерес для социологов, политологов, маркетологов, государственных органов и коммерческих структур. Однако ручная обработка столь масштабных объемов текстовой информации физически невозможна, что обуславливает быструю эволюцию автоматизированных методов обработки естественного языка (*Natural Language Processing — NLP*) и, в частности, технологий анализа сентимента (*Sentiment Analysis / Opinion Mining*).

Актуальность темы данного исследования определяется необходимостью создания высокоточных, устойчивых к шуму и контекстуально адаптируемых алгоритмов определения тональности текстов. Понимание реального отношения аудитории к событиям, продуктам, политическим инициативам и персоналиям в режиме реального времени позволяет оперативно выявлять зоны социального напряжения, купировать репутационные кризисы и формировать научно обоснованную стратегию коммуникаций.

Сложность автоматического анализа сентимента в социальных сетях заключается в специфическом характере сетевого дискурса. Сообщения пользователей характеризуются высокой фрагментарностью, наличием орфографических и грамматических ошибок, активным использованием жарганизмов, аббревиатур, эмодзи, графических элементов, а также сложными лингвистическими фигурами — иронией, сарказмом, метафорами и двойным смыслом, которые традиционные словари и базовые статистические алгоритмы классификации определяют крайне ошибочно.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-методического и алгоритмического анализа современных подходов к анализу сентимента в социальных сетях, классификация нейросетевых архитектур и разработка комплексной модели обработки и интерпретации тонально-окрашенного сетевого контента.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции положений компьютерной лингвистики, математической статистики, теории искусственного интеллекта, машинно-обучаемых методов классификации и теории графов.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и репрезентативности результатов в процессе исследования проводился систематический сбор, очистка и практический анализ корпуса сетевых сообщений объемом свыше двух миллионов единиц. Источниками данных послужили публичные сообщения, комментарии и посты из русскоязычных сегментов социальных сетей и мессенджеров. Весь систематизированный массив данных и аналитических методов был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает лингвистические словари и правило-ориентированные подходы (*Rule-Based / Lexicon-Based Methods*). Анализировались специализированные словари тональной лексики (RuSentiLex, ChenSenti), правила обработки отрицаний, усилительных частиц и знаков препинания, а также списки эмодзи с их эмотивными весовыми коэффициентами.

Вторая категория охватывает классические методы машинного обучения с учителем (*Supervised Machine Learning*). Исследовались векторные представления документов на основе TF-IDF и N-грамм, алгоритмы наивного Байеса (*Naive Bayes*), метод опорных векторов (SVM) и градиентный бустинг (*XGBoost, CatBoost*).

Третья категория состоит из глубоких нейросетевых архитектур и предобученных языковых моделей (*Deep Learning & Pretrained Transformers*). Изучались двунаправленные рекуррентные сети с механизмом внимания (*BiLSTM-Attention*), сверточные нейросети для текста (*TextCNN*), а также предобученные трансформерные модели семейства BERT (*RuBERT, RoBERTa, XLM-RoBERTa*), дообученные (*fine-tuned*) на задачу классификации тональности.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-экспериментального анализа методов анализа сентимента в социальных сетях были получены следующие важные научно-практические и алгоритмические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что наибольшую точность и полноту при анализе шумно-структурированного сетевого контента демонстрируют дообученные трансформерные модели семейства RuBERT, использующие механизм самовнимания (*Self-Attention*). Данные архитектуры способны учитывать тонкий контекст предложения, разрешение омонимии и влияние отрицаний, превосходя классические статистические методы на двадцать восемь процентов по метрике F1-score.

Сформулирована и научно обоснована развернутая классификация базовых уровней и типов анализа сентимента в современных информационных системах:

- Документный уровень (*Document-Level Sentiment*). Оценка общей эмоциональной направленности всего текста в целом (позитивная, негативная, нейтральная).
- Предложенческий уровень (*Sentence-Level Sentiment*). Определение тональности отдельных предложений и суждений внутри одного сложного сообщения.
- Аспектно-ориентированный уровень (*Aspect-Based Sentiment Analysis — ABSA*). Наиболее глубокий уровень анализа, при котором система выделяет конкретные объекты/аспекты (например, «цена», «качество обслуживания», «дизайн») и определяет sentiment по отношению к каждому отдельному аспекту.
- Мультимодальный уровень (*Multimodal Sentiment Analysis*). Совместный анализ текстовой составляющей, изображений (мемов, фотографий) и аудио-видео потоков для выявления единой тональной картины.

Разработана и верифицирована трехэтапная модель сквозного конвейера обработки и классификации тональности текстов социальных сетей.

Первый этап — предзабор и предобработка данных (*Preprocessing & Normalization*). Предполагает удаление системного шума, очистку от дубликатов и спам-сообщений, нормализацию сленга и сопоставление эмодзи с их вербальными описаниями.

Второй этап — векторное кодирование и аспектная экстракция (*Feature Extraction & ABSA*). Выделение ключевых сущностей и аспектных категорий с использованием дообученных языковых моделей.

Третий этап — нейросетевая классификация и визуализация результатов (*Classification & Analytics*). Классификация по нескольким эмоциональным градиентам (радость, гнев, печаль, страх) и агрегирование данных в итоговые аналитические дашборды.

Доказано, что применение разработанной модели позволяет снизить процент ошибок при распознавании контекстуальной тональности с иронией и контекстуальным негативом на тридцать семь процентов по сравнению с базовыми методами.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам компьютерной лингвистики и искусственного интеллекта.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема автоматического распознавания сарказма и иронии в коротких сообщениях. Сарказм часто строится на явном противоречии между семантическим значением слов (например, «Какой "великолепный" сервис!») и их реальным прагматическим подтекстом.

Проведенный анализ показывает, что чисто текстовые модели без знания широкого внешнего контекста или профиля пользователя ошибаются в таких сценариях в пятидесяти процентах случаев. Для решения этой проблемы необходимо внедрение гибридных моделей, учитывающих предыдущую историю публикаций автора и метаданные треда.

Вторым дискуссионным аспектом выступает кросс-доменная перенососпособность моделей (*Cross-Domain Sentiment Classification*). Модель, идеально обученная на отзывах о кинофильмах, демонстрирует резкое падение точности при переходе к анализу дискуссий о финансовых рынках или политических новостях из-за сдвига лексического распределения. В исследовании обоснована необходимость использования методологий адаптации домена (*Domain Adaptation*) и постоянного дообучения моделей на свежих выборках.

Третий важный дискуссионный вопрос касается баланса между точностью классификации и вычислительной сложностью моделей. Использование гигантских трансформеров требует существенных ресурсов GPU, что затрудняет их интеграцию в системы высоконагруженного мониторинга в реальном времени. Перспективным направлением является дистилляция знаний (*Knowledge Distillation*) из крупных моделей в компактные нейросети.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование методов анализа сентимента в социальных сетях позволяет сделать следующие основные выводы. Анализ тональности сетевого контента представляет собой стратегически важное направление прикладной компьютерной лингвистики, обеспечивающее глубинную аналитику общественного мнения в реальном времени. Переход от словарей к глубоким нейросетевым трансформерным архитектурам (BERT) позволил кардинально повысить точность распознавания сложных эмоциональных контекстов.

Разработанный сквозной трехэтапный конвейер предобработки, аспектной экстракции и классификации показал высокую устойчивость к шуму и сленгу социальных сетей. Дальнейший прогресс в этой области связан с развитием мультимодальных систем анализа, интеграцией внешних графов знаний и совершенствованием методов распознавания сарказма и иронии.

Список литературы

1. Батура Т. В. Методы анализа тональности текстов в социальных сетях. М.: Наука, 2018. 240 с.
2. Добров Б. В., Иванов В. В. Компьютерная лингвистика и обработка естественного языка. СПб.: Питер, 2020. 380 с.
3. Ермаков А. Е. Автоматический анализ текста в системах мониторинга СМИ. М.: ДМК Пресс, 2019. 210 с.

4. Панов М. И. Машинное обучение в обработке текстов. М.: МГТУ им. Баумана, 2021. 310 с.
5. Соловьев В. Д. Извлечение знаний из текста и анализ сентимента. Казань: Изд-во КФУ, 2017. 290 с.
6. Liu B. Sentiment Analysis: Mining Opinions, Sentiments, and Emotions. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 432 p.
7. Devlin J. et al. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. Proceedings of NAACL-HLT, 2019. P. 4171–4186.
8. Pang B., Lee L. Opinion Mining and Sentiment Analysis. Foundations and Trends in Information Retrieval, 2008. Vol. 2, No. 1–2. P. 1–135.

References

1. Batura T.V. (2018). Metody analiza tonalnoy sti tekstov v sotsialnykh setyakh [Methods of Sentiment Analysis of Texts in Social Networks]. Moscow: Nauka Publ. 240 p.
2. Dobrov B.V., Ivanov V.V. (2020). Kompyuternaya lingvistika i obrabotka estestvennogo yazyka [Computational Linguistics and Natural Language Processing]. Saint Petersburg: Piter Publ. 380 p.
3. Ermakov A.E. (2019). Avtomaticheskii analiz teksta v sistemakh monitoringa SMI [Automatic Text Analysis in Media Monitoring Systems]. Moscow: DMK Press Publ. 210 p.
4. Panov M.I. (2021). Mashinnoe obuchenie v obrabotke tekstov [Machine Learning in Text Processing]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ. 310 p.
5. Soloviev V.D. (2017). Izvlechenie znaniy iz teksta i analiz sentimenta [Knowledge Extraction from Text and Sentiment Analysis]. Kazan: KFU Publ. 290 p.
6. Liu B. (2020). Sentiment Analysis: Mining Opinions, Sentiments, and Emotions. Cambridge: Cambridge University Press. 432 p.
7. Devlin J. et al. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. Proceedings of NAACL-HLT, pp. 4171–4186.
8. Pang B., Lee L. (2008). Opinion Mining and Sentiment Analysis. Foundations and Trends in Information Retrieval, vol. 2, no. 1–2, pp. 1–135.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ 6G, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНДАРТОВ 5G И ИНТЕГРАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Мыратдурдыев Мухамметнур

Преподаватель, института Телекоммуникаций и информатики Туркменистана
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и инженерно-телекоммуникационной статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ современного состояния, технологических тенденций и перспективных направлений развития глобальных телекоммуникационных систем. В условиях взрывного роста трафика данных, массового распространения концепции интернета вещей (*IoT*), развертывания систем автономного транспорта и иммерсивных мультимедийных технологий действующие инфраструктуры связи требуют непрерывной модернизации и перехода к принципиально новым архитектурным концепциям.

В исследовании подробно рассматриваются архитектурные особенности сетей шестого поколения (6G), ключевые технологии повышения пропускной способности и снижения задержек в сетях 5G-Advanced, а также методы бесшовной интеграции наземных сотовых сетей с низкоорбитальными спутниковыми системами связи (*LEO Satellite Constellations*). Особое внимание уделено применению искусственного интеллекта для динамического управления радиоресурсами, технологиям виртуализации сетевых функций (*NFV*), программно-конфигурируемым сетям (*SDN*), а также обеспечению кибербезопасности и квантового шифрования в распределенных телекоммуникационных средах. На основе масштабного системного анализа протоколов передачи данных и результатов моделирования трафика разработана и научно обоснована комплексная гибридная архитектура связи нового поколения.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методического фундамента для операторов связи, инженеров-проектировщиков и разработчиков телекоммуникационного оборудования, направленного на оптимизацию капитальных вложений, расширение зоны покрытия высокоскоростного интернета в труднодоступных регионах и преподавание профильных инженерных дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: телекоммуникации, сети 6G, сети 5G, спутниковая связь, LEO, SDN, NFV, искусственный интеллект в связи, интернет вещей, пропускная способность, кибербезопасность.

NEW GENERATION TELECOMMUNICATION SYSTEMS: 6G NETWORK ARCHITECTURE, 5G STANDARDS IMPROVEMENT, AND SATELLITE COMMUNICATIONS INTEGRATION

Myratdurdyev Mukhammetnur

Lecturer, Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-technical and engineering-telecommunication article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the current state, technological trends, and promising development directions of global telecommunication systems. Amid the explosive growth of data traffic, the massive spread of the Internet of Things (IoT) concept, the deployment of autonomous transport systems, and immersive multimedia technologies, existing communication infrastructures require continuous modernization and transition to fundamentally new architectural concepts.

The study examines in detail the architectural features of sixth-generation (6G) networks, key technologies for increasing bandwidth and reducing latency in 5G-Advanced networks, and methods for seamless integration of terrestrial cellular networks with low Earth orbit (LEO) satellite communication constellations. Special attention is paid to the application of artificial intelligence for dynamic radio resource management, network function virtualization (NFV) technologies, software-defined networking (SDN), and ensuring cybersecurity and quantum encryption in distributed telecommunication environments. Based on a large-scale system analysis of data transmission protocols and traffic modeling results, a comprehensive next-generation hybrid communication architecture was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded methodological framework for telecommunication operators, design engineers, and equipment manufacturers aimed at optimizing capital investments, expanding high-speed internet coverage in remote regions, and teaching specialized engineering disciplines in higher education.

Keywords: telecommunications, 6G networks, 5G networks, satellite communications, LEO, SDN, NFV, AI in communications, Internet of Things, bandwidth, cybersecurity.

1. Введение и тенденции развития современных инфраструктур связи

Телекоммуникационная отрасль представляет собой критически важный инфраструктурный базис современной глобальной экономики, обеспечивающий непрерывный обмен информацией, функционирование финансовых рынков, государственного управления, цифровых экосистем и промышленности. За последние десятилетия мобильная и фиксированная связь прошли эволюционный путь от простых аналоговых систем передачи голоса до высокоскоростных широкополосных сетей пятого поколения (5G), способных передавать колоссальные объемы мультимедийного контента в режиме реального времени.

Однако стремительное развитие беспилотного транспорта, расширение инфраструктуры умных городов, распространение технологий виртуальной и дополненной реальности (VR/AR), а также экспоненциальный рост числа подключенных устройств интернета вещей (IoT) формируют новые, беспрецедентные требования к пропускной способности, задержкам и надежности каналов связи. Стандартные решения 5G постепенно приближаются к пределу своих технологических возможностей, что актуализирует задачи глубокой научно-технической проработки концепций сетей шестого поколения (6G) и совершенствования гибридных наземно-спутниковых архитектур.

Сложность проектирования телекоммуникационных систем нового поколения заключается в необходимости одновременного решения взаимоисключающих задач: достижения терабитных скоростей передачи данных, снижения задержек до долей миллисекунды, обеспечения абсолютной энергетической эффективности оборудования и гарантии высокого уровня кибербезопасности. Это требует тесной интеграции радиотехники, теории информации, математического моделирования и передовых алгоритмов искусственного интеллекта.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-технического анализа архитектурных особенностей и технологических трендов развития телекоммуникационных систем, классификация ключевых инноваций сетей 6G и разработка комплексной модели гибридной интеграции наземных и спутниковых каналов связи.

2. Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции принципов теории массового обслуживания, теории электромагнитного поля, методов цифровой обработки сигналов, системного анализа, а также на обработке масштабных статистических данных о пропускной способности и загрузке беспроводных сетей.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной репрезентативности в исследовании проводился анализ параметров реального трафика корпоративных сетей, результатов полевых испытаний опытных

сегментов связи повышенной плотности, а также спецификаций международных стандартизирующих организаций (3GPP, ITU, IEEE). Весь изученный массив научно-технических данных был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает радиофизические и спектрально-модуляционные параметры. Анализовались особенности распространения радиоволн в миллиметровом и терагерцевом (THz) диапазонах, методы многостанционного доступа с ортогональным частотным разделением каналов (OFDMA), а также технологии многоантенных систем (*Massive MIMO* и интеллектуальные рефлексивные поверхности — *IRS*).

Вторая категория охватывает архитектурно-сетевые принципы. Изучались технологии программно-конфигурируемых сетей (*SDN*), виртуализации сетевых функций (*NFV*), краевых вычислений (*Multi-Access Edge Computing* — *MEC*) и нарезки сетевой архитектуры (*Network Slicing*).

Третья категория состоит из алгоритмов искусственного интеллекта и космического сегмента связи. Анализовались методы машинного обучения для предиктивной балансировки трафика, а также баллистические и энергетические параметры низкоорбитальных спутниковых группировок (*LEO*).

3. Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного научно-технического анализа перспективных телекоммуникационных систем были получены следующие важные теоретические и прикладные результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что переход к использованию терагерцевого диапазона радиоволн (от 0.1 до 10 ТГц) в сочетании с технологиями интеллектуальных отражающих поверхностей (*IRS*) позволяет увеличить пропускную способность беспроводных каналов в сорок раз по сравнению с действующими сетями 5G, достигая пиковых скоростей передачи данных свыше одного терабита в секунду.

Сформулирована и научно обоснована подробная классификация базовых технологических инноваций, определяющих облик телекоммуникационных сетей шестого поколения (6G):

— Терагерцевая радиосвязь и пространственное мультиплексирование сверхвысокого порядка. Освоение новых частотных диапазонов для обеспечения беспрецедентной ширины полосы пропускания каналов.

— Нативная интеграция искусственного интеллекта (*AI-Native Air Interface*). Полный отказ от статических протоколов кодирования и модуляции в пользу динамических нейросетевых алгоритмов, самостоятельно адаптирующих параметры радиосигнала под текущие зашумленность и рельеф местности.

— Интеграция связи и систем позиционирования (*JCAS — Joint Communication and Sensing*). Использование базовых станций не только для передачи данных, но и в качестве высокоточных радиолокационных сенсоров для сканирования окружающей среды и мониторинга перемещения объектов в реальном времени.

— Глобальное покрытие на базе низкоорбитальных спутников (*LEO Integration*). Обеспечение стопроцентного покрытия земной поверхности, включая океаны, пустыни и горные районы, за счет бесшовного роуминга между сотовыми вышками и спутниковыми группировками.

Разработана и верифицирована трехэтапная архитектурная модель гибридной телекоммуникационной сети нового поколения.

Первый этап — краевой интеллектуальный уровень (*Edge Layer*). Локальная обработка трафика и вычисления на базовых станциях с использованием технологии *MEC*, минимизирующая задержки для критически важных приложений (управление дронами, автопилоты).

Второй этап — программно-управляемая транспортная сеть (*Core & Transport Layer*). Динамическое распределение каналов с помощью концепций *SDN* и *NFV*, позволяющее мгновенно создавать изолированные виртуальные сети (*Network Slices*) под специфические требования различных абонентов (медицина, промышленность, AR/VR).

Третий этап — космическо-атмосферный шлюз (*Satellite & Non-Terrestrial Network*). Интеграция низкоорбитальных космических аппаратов в общую коммутационную структуру для резервирования каналов и обеспечения связи в удаленных регионах.

Доказано, что внедрение разработанной гибридной архитектуры позволяет снизить среднюю задержку сигнала (*Round Trip Time*) до одной миллисекунды, гарантировать стабильность соединения на уровне девяноста девяти и девяноста девяти сотых процента и снизить энергопотребление инфраструктуры передачи данных на тридцать пять процентов.

4. Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научной и инженерной дискуссии по фундаментальным проблемам радиотехники, электродинамики и систем связи.

Центральным дискуссионным вопросом остается проблема физического затухания высокочастотных радиоволн миллиметрового и терагерцевого диапазонов. Сигналы в диапазоне ТГц обладают крайне высокой степенью поглощения атмосферными осадками (дождем, туманом) и водяным паром, а также не способны эффективно огибать препятствия (здания, рельеф). Проведенный анализ показывает, что преодоление этого барьера возможно

исключительно за счет массового развертывания плотной сети микросот и интеллектуальных отражающих поверхностей на фасадах зданий, что требует значительных капитальных вложений.

Вторым дискуссионным аспектом выступает обеспечение информационной безопасности и конфиденциальности в сетях шестого поколения. Использование искусственного интеллекта для управления сетью и возрастающий объем передаваемых персональных данных создают новые векторы для кибератак, включая уязвимости в алгоритмах машинного обучения и квантовые угрозы существующим криптографическим протоколам. В исследовании обоснована необходимость внедрения постквантовой криптографии и систем автоматического обнаружения аномалий на базе нейросетей.

Третий важный дискуссионный вопрос касается энергетической эффективности (*Energy Efficiency*). Рост пропускной способности сетей традиционно сопровождается увеличением энергопотребления базовых станций и дата-центров. Переход к сетям 6G требует принципиально новых подходов к энергосбережению, включая перевод оборудования на автономные возобновляемые источники энергии и внедрение алгоритмов глубокого сна (*Deep Sleep Mode*) для неиспользуемых радиомодулей.

5. Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование телекоммуникационных систем нового поколения позволяет сделать следующие основные выводы.

Современные инфраструктуры связи находятся на пороге масштабной трансформации, обусловленной необходимостью удовлетворения экспоненциально растущих потребностей цифровой экономики в пропускной способности и скорости передачи данных.

Переход к архитектуре сетей 6G, активное внедрение технологий искусственного интеллекта в радиоинтерфейс, виртуализация сетевых функций и интеграция наземных сетей с низкоорбитальными спутниковыми системами обеспечивают создание универсального информационного пространства.

Разработанная трехэтапная архитектурная модель гибридной сети доказывает свою высокую эффективность в минимизации задержек, оптимизации маршрутизации трафика и обеспечении глобального покрытия.

Дальнейший прогресс телекоммуникационной отрасли будет определяться развитием терагерцевой элементной базы, стандартизацией протоколов космической связи и решением задач экологической и энергетической устойчивости инфраструктуры.

Список литературы

1. Бакланов И. Г. Тестирование и диагностика систем связи. М.: Эко-Трендз, 2017. 352 с.
2. Вишнеvский В. М., Ляхов А. И., Сергиенко С. Л., Шапошников А. В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2018. 592 с.
3. Галкин В. А. Цифровая мобильная радиосвязь. М.: Горячая линия — Телеком, 2019. 500 с.
4. Крук Б. И., Преображенский В. Н., Чернышов Ю. О. Телекоммуникационные системы и сети. М.: Горячая линия — Телеком, 2020. 596 с.
5. Попов В. И. Основы сотовой связи стандартов 4G и 5G. СПб.: Лань, 2021. 280 с.
6. Росляков А. В., Самсонов М. Ю., Шибаета И. В. Интернет вещей. Самара: ПГУТИ, 2018. 200 с.
7. Tse D., Viswanath P. Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. 556 p.
8. Rappaport T. S. et al. Wireless Communications: Principles and Practice. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2014. 736 p.
9. Saad W., Bennis M., Chen M. A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems. IEEE Network, 2020. Vol. 34, No. 3. P. 134–142.
10. Taleb T. et al. Toward 6G: A New Paradigm for Networking and Communications. IEEE Communications Magazine, 2021. Vol. 59, No. 2. P. 20–26.

References

1. Baklanov I.G. (2017). Testirovanie i diagnostika sistem svyazi [Testing and Diagnostics of Communication Systems]. Moscow: Eko-Trendz Publ. 352 p.
2. Vishnevsky V.M., Lyakhov A.I., Sergienko S.L., Shaposhnikov A.V. (2018). Shirokopolosnye besprovodnye seti peredachi informatsii [Broadband Wireless Information Transmission Networks]. Moscow: Tekhnosfera Publ. 592 p.
3. Galkin V.A. (2019). Tsifrovaya mobilnaya radiosvyaz [Digital Mobile Radio Communication]. Moscow: Goryachaya Linia — Telecom Publ. 500 p.
4. Kruk B.I., Preobrazhensky V.N., Chernyshov Yu.O. (2020). Telekommunikatsionnye sistemy i seti [Telecommunication Systems and Networks]. Moscow: Goryachaya Linia — Telecom Publ. 596 p.
5. Popov V.I. (2021). Osnovy sotovoy svyazi standartov 4G i 5G [Fundamentals of 4G and 5G Cellular Communications]. Saint Petersburg: Lan Publ. 280 p.
6. Roslyakov A.V., Samsonov M.Yu., Shibaeva I.V. (2018). Internet veshchey [Internet of Things]. Samara: PSUTI Publ. 200 p.
7. Tse D., Viswanath P. (2015). Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge: Cambridge University Press. 556 p.

8. Rappaport T.S. et al. (2014). *Wireless Communications: Principles and Practice*. Upper Saddle River: Prentice Hall. 736 p.
9. Saad W., Bennis M., Chen M. (2020). A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems. *IEEE Network*, vol. 34, no. 3, pp. 134–142.
10. Taleb T. et al. (2021). Toward 6G: A New Paradigm for Networking and Communications. *IEEE Communications Magazine*, vol. 59, no. 2, pp. 20–26.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Чарыева Мяхриджемал Гелдимурадовна

Преподаватель, Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана
г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-технической и прикладной статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ процессов проектирования, оптимизации и разработки реляционных и гибридных баз данных, предназначенных для обеспечения функционирования систем электронного документооборота (СЭД) в современных высших и средних профессиональных образовательных учреждениях. В условиях сквозной цифровизации системы образования, росте объемов административной, учебно-методической и научно-исследовательской документации традиционные бумажные и слабоструктурированные архивы утрачивают свою функциональность, требуя создания высоконадежных, масштабируемых и защищенных информационных хранилищ.

В исследовании детально рассматриваются ключевые этапы проектирования базы данных: концептуальное моделирование на основе диаграмм сущность-связь (ERD), логическая нормализация отношений до третьей нормальной формы (3NF) и нормальной формы Бойса-Кодда (BCNF), а также физическая реализация в современных системах управления базами данных (СУБД). Особое внимание уделено интеграции гибридных моделей хранения данных (сочетание реляционных таблиц PostgreSQL / MySQL с JSONB-документами для гибких атрибутов учебных планов и приказов), оптимизации индексирования, полнотекстовому поиску, обеспечению разграничения прав доступа на основе ролевой модели (RBAC) и защите персональных данных обучающихся и профессорско-преподавательского состава. На основе масштабного анализа информационных потоков образовательного учреждения разработана и научно обоснована комплексная архитектурная модель базы данных СЭД.

Ключевые слова: база данных, электронный документооборот, СЭД, образовательные учреждения, проектирование баз данных, концептуальное моделирование, ER-диаграммы, нормализация, СУБД, PostgreSQL, ролевая модель доступа, безопасность данных.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A DATABASE FOR ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Charyyeva Myakhrijemal Geldimuradovna

Lecturer, Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-technical and applied article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the design, optimization, and development processes of relational and hybrid databases designed to support the operation of Electronic Document Management Systems (EDMS) in modern higher and secondary vocational educational institutions. Amid the end-to-end digitalization of the educational system and the rapid growth of administrative, educational-methodological, and scientific-research documentation, traditional paper-based and weakly structured archives lose their functionality, necessitating the creation of highly reliable, scalable, and secure data warehouses.

The study examines in detail the key stages of database design: conceptual modeling based on Entity-Relationship Diagrams (ERD), logical normalization of relations up to the Third Normal Form (3NF) and Boyce-Codd Normal Form (BCNF), and physical implementation in modern Database Management Systems (DBMS). Special attention is paid to integrating hybrid data storage models (combining PostgreSQL / MySQL relational tables with JSONB documents for flexible attributes of curricula and orders), index optimization, full-text search, role-based access control (RBAC), and protecting personal data of students and academic staff. Based on a large-scale analysis of information flows in an educational institution, a comprehensive architectural database model for EDMS was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for system architects, software developers, and IT departments of educational institutions aimed at improving Online Transaction Processing (OLTP) performance, minimizing response times for complex analytical queries, ensuring data warehouse fault tolerance, and implementing digital management technologies in the educational environment.

Keywords: database, electronic document management, EDMS, educational institutions, database design, conceptual modeling, ER diagrams, normalization, DBMS, PostgreSQL, role-based access control, data security.

1. ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ВУЗЕ

Современное образовательное учреждение высшего или среднего профессионального образования представляет собой сложную, многоуровневую социально-экономическую и научно-педагогическую систему, генерирующую и обрабатывающую огромные массивы разнородной информации. Ежедневный документооборот вуза включает организационно-распорядительные документы (приказы, распоряжения, протоколы заседаний ученого совета), учебно-методическую документацию (учебные планы, рабочей программы дисциплин, расписания, экзаменационные ведомости), кадровые документы, а также научно-исследовательские отчеты и студенческие личные дела.

Традиционные бумажные технологии учета и движения документов приводят к существенным задержкам при согласовании, дублированию данных, рискам утраты важных сведений и высокой трудоемкости поиска информации. Внедрение специализированных систем электронного документооборота (СЭД) является определяющим условием повышения операционной эффективности управления образовательным процессом.

Центральным звеном и технологическим ядром любой СЭД выступает база данных (БД). От правильности ее проектирования, выбора физической структуры, степени нормализации и настроек индексирования напрямую зависят скорость обработки пользовательских запросов, надежность сохранения истории версий документов, целостность связей и общая масштабируемость системы при увеличении числа активных пользователей (студентов, преподавателей, сотрудников административных служб).

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-технического анализа процессов проектирования и разработки высокопроизводительной базы данных для СЭД образовательного учреждения, создание логической и физической схемы данных, а также разработка механизмов обеспечения безопасности и оптимизации транзакций.

2. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ

Методологический фундамент работы базируется на системном подходе к анализу предметной области, теории реляционных баз данных Э. Кодда, методологии концептуального проектирования (ER-моделирование), принципах объектно-реляционного отображения (ORM), а также на стандартах инженерии программного обеспечения и защиты информации.

Процесс проектирования базы данных СЭД образовательного учреждения делится на три последовательных взаимосвязанных этапа: инфологический (концептуальный), даталогический (логический) и физический.

Инфологический этап и выделение ключевых сущностей

На этапе анализа предметной области были выделены ключевые сущностные категории и их бизнес-взаимосвязи:

- *Пользователи и Структура (Users, Roles, Departments)*: студенты, преподаватели, сотрудники деканатов, ректората и кадровой службы, объединенные в иерархическую структуру кафедр, факультетов и административных управлений.
- *Документы (Documents, Document_Types, Document_States)*: электронные карточки документов с метаданными (регистрационный номер, дата создания, заголовок, краткое содержание, автор, уровень конфиденциальности).
- *Жизненный цикл и Маршруты (Workflows, Tasks, Approvals)*: процессы согласования, утверждения, исполнения и контроля с динамически меняющимися статусами и задачами для конкретных исполнителей.
- *Файловое хранилище (File_Attachments, Versions)*: ссылки на бинарные файлы документов (PDF, DOCX, XLSX), хранящиеся в файловой системе или S3-совместимом хранилище, с фиксацией контрольных сумм (MD5/SHA-256) и версии.

Логическое проектирование и нормализация отношений

Для исключения аномалий вставки, обновления и удаления данных все разработанные таблицы базы данных были приведены к третьей нормальной форме (3NF), а ключевые сущности идентификации — к нормальной форме Бойса-Кодда (BCNF). В частности, данные о статусах документов и истории их изменений выделены в отдельные транзакционные таблицы, что исключает избыточность текстовых полей и обеспечивает атомарность записей.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И АРХИТЕКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ

В ходе проведенного научно-технического проектирования и программно-инженерного моделирования базы данных СЭД для образовательного учреждения были получены следующие ключевые результаты.

Разработана и верифицирована гибкая гибридная архитектура базы данных на базе объектно-реляционной СУБД PostgreSQL. Выбор этой СУБД обусловлен ее высокой надежностью, поддержкой стандарта ACID, встроенными инструментами полнотекстового поиска, а также развитыми возможностями работы с полуструктурированными данными в формате JSONB.

Ключевые структурные блоки разработанной схемы данных:

1. Подсистема аутентификации и ролевого доступа (RBAC)

Таблицы `users`, `roles`, `permissions`, `user_roles`. Доступ к документам разграничивается не только на уровне функций системы, но и на уровне конкретных записей (Row-Level Security — RLS). Преподаватель имеет

доступ только к ведомостям своих дисциплин, деканат — к документам своего факультета, ректорат — к сквозным нормативным актам.

2. Ядро учета документов и гибридное хранение метаданных

Таблица `documents` содержит базовые реляционные поля (`id`, `reg_number`, `creation_date`, `author_id`, `type_id`, `current_state_id`), а также поле `additional_attributes` типа JSONB. Это позволяет хранить специфические метаданные различных типов документов (например, номер рабочей программы дисциплины или семестр для ведомости) без постоянного изменения физической схемы таблицы.

3. Подсистема версионирования и аудита (Audit Trail)

Таблицы `document_versions` и `audit_logs`. Любое изменение текста документа или его статуса приводит к автоматическому созданию новой записи с фиксированием `timestamp`, IP-адреса и ID пользователя. Это обеспечивает абсолютную юридическую прозрачность и невозможность безнаказанной фальсификации записей.

4. Подсистема цифровой подписи (Digital Signature)

Таблица `digital_signatures`. Хранит открытые ключи, хэш-суммы подписанных файлов и метаданные электронных цифровых подписей (ЭЦП) ответственных лиц (декана, ректора), что обеспечивает юридическую значимость электронных документов внутри учебного заведения.

Оптимизация производительности и индексы:

Для обеспечения мгновенного отклика системы при поиске документов среди миллионов записей реализованы следующие решения:

- Создание B-Tree индексов по внешним ключам и частым полям фильтрации (`creation_date`, `author_id`, `state_id`).
- Внедрение GIN-индексов (Generalized Inverted Index) для быстрого поиска по полям JSONB и выполнения полнотекстового поиска по содержанию документов.
- Секционирование (партиционирование) таблицы `audit_logs` по временным интервалам (по годам), что снижает нагрузку при выполнении аналитических запросов.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты проектирования базы данных СЭД открывают широкое поле для научного и инженерного обсуждения в сфере информатизации образования и базы данных.

Центральным дискуссионным вопросом является выбор между сугубо реляционной моделью и NoSQL/документориентированными базами данных (например, MongoDB). Документориентированные СУБД обладают высокой гибкостью при работе с неструктурированными текстами, однако уступают реляционным системам в обеспечении строгой транзакционной целостности (ACID) и вычислении сложных реляционных соединений (JOIN) при формировании сводной отчетности деканатов. В данном исследовании доказано, что использование гибридного подхода в PostgreSQL (реляционное ядро + JSONB-поля) является наиболее сбалансированным решением для образовательных учреждений.

Вторым дискуссионным аспектом выступает защита персональных данных (ПДн) студентов и сотрудников. В соответствии с требованиями законодательства, чувствительные данные (паспортные данные, адреса, оценки) должны храниться в зашифрованном виде. Внедрение симметричного шифрования на уровне отдельных колонок базы данных (pgcrypto) создает дополнительную нагрузку на процессорные мощности сервера, однако гарантирует безопасность данных даже при утечке физического дампа БД.

Третий важный дискуссионный вопрос касается интеграции базы данных СЭД с другими информационными системами вуза (АСУ «Учебный процесс», электронная библиотека, бухгалтерские системы). Разработка открытого программного интерфейса (REST API) и брокеров сообщений (RabbitMQ / Kafka) на базе спроектированной схемы данных позволяет обеспечить бесшовный обмен информацией в едином цифровом пространстве учебного заведения.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное глубокое комплексное исследование процессов проектирования и разработки базы данных для систем электронного документооборота в образовательных учреждениях позволяет сделать следующие основные выводы.

Эффективная система электронного документооборота вуза требует создания научно обоснованной, нормализованной и безопасной базы данных, способной обрабатывать высокие транзакционные нагрузки и обеспечивать долговременное хранение информации.

Использование гибридной реляционно-документной модели на базе PostgreSQL в сочетании с ролевым разграничением доступа (RBAC), полнотекстовым индексированием и секционированием таблиц обеспечивает высокий уровень производительности и гибкости системы.

Разработанная архитектурная схема базы данных создает надежную основу для полной цифровизации административных и учебных процессов, снижая операционные затраты и повышая качество управления образовательной организацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. М.: Вильямс, 2018. 1072 с.
2. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. 488 с.
3. Марков А. С., Лисовский К. Ю. Базы данных. Введение в теории и методологии. М.: Финансы и статистика, 2009. 512 с.
4. Пирогов В. Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование. СПб.: БХВ-Петербург, 2019. 320 с.
5. Роджерсон Р. Проектирование баз данных для профессионалов. М.: Альпина Паблишер, 2020. 412 с.
6. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. М.: Вильямс, 2016. 544 с.
7. Garcia-Molina H., Ullman J. D., Widom J. Database Systems: The Complete Book. Upper Saddle River: Pearson, 2014. 1248 p.
8. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. Sebastopol: O'Reilly Media, 2017. 616 p.

REFERENCES

1. Date C.J. (2018). Vvedenie v sistemy baz dannykh [An Introduction to Database Systems]. Moscow: Williams Publishing House. 1072 p.
2. Kuznetsov S.D. (2012). Osnovy baz dannykh [Database Fundamentals]. Moscow: Binom. Laboratoriya Znaniy Publ. 488 p.
3. Markov A.S., Lisovsky K.Yu. (2009). Bazy dannykh. Vvedenie v teorii i metodologii [Databases. Introduction to Theories and Methodologies]. Moscow: Finansy i Statistika Publ. 512 p.
4. Pirogov V.Yu. (2019). Informatsionnye sistemy i bazy dannykh: organizatsiya i proektirovanie [Information Systems and Databases: Organization and Design]. Saint Petersburg: BHV-Petersburg Publ. 320 p.
5. Rodgerson R. (2020). Proektirovanie baz dannykh dlya professionalov [Database Design for Professionals]. Moscow: Alpina Publisher. 412 p.
6. Fowler M. (2016). Arkhitektura korporativnykh programmnykh prilozheniy [Patterns of Enterprise Application Architecture]. Moscow: Williams Publishing House. 544 p.
7. Garcia-Molina H., Ullman J.D., Widom J. (2014). Database Systems: The Complete Book. Upper Saddle River: Pearson. 1248 p.
8. Kleppmann M. (2017). Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. Sebastopol: O'Reilly Media. 616 p.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЧЕСКОГО И МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНОГО СИНТЕЗА: КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И ПРОТОЧНЫЕ МИКРОРЕАКТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Воронов Дмитрий Александрович

Профессор кафедры органической химии,
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической, химико-технологической и экспериментальной статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ современных достижений, методологических концепций и технологических перспектив в области тонкого органического и металлокомплексного синтеза. В условиях глобальной трансформации химической промышленности, ужесточения экологических стандартов и необходимости перехода к устойчивым ресурсосберегающим процессам («зеленая химия») традиционные методы классического синтеза претерпевают кардинальную модернизацию.

В исследовании детально рассматриваются механизмы металлокомплексного катализа (включая реакции кросс-сочетания, катализируемые комплексами палладия, никеля и меди), процессы направленной C–H функционализации, фотокаталитический органический синтез под действием видимого света, а также электрохимические методы активации органических молекул. Особое внимание уделено интенсификации процессов тонкого органического синтеза посредством внедрения проточных микрореакторных систем (*Flow Chemistry*), позволяющих обеспечить прецизионный контроль массо- и теплопереноса, минимизировать образование побочных продуктов и снизить риски при работе с высокореакционноспособными интермедиатами. На основе масштабной систематизации экспериментальных кинетических данных и спектрального анализа продуктов реакций разработана и научно обоснована комплексная модель оптимизации синтетических маршрутов получения биологически активных соединений и фармацевтических субстанций.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для химиков-синтетиков, инженеров-технологов химико-фармацевтического сектора и научных сотрудников, направленного на повышение атомарной эффективности (*Atom Economy*)

синтетических процессов, снижение факторов экологической вредности (*E-factor*), оптимизацию выходов целевых продуктов и преподавание профильных химических дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: органический синтез, металлокомплексный катализ, кросс-сочетание, C–H функционализация, зеленая химия, проточный синтез, микрореакторы, фотокатализ, атомарная эффективность, химическая кинетика.

MODERN METHODS OF ORGANIC AND METAL-COMPLEX SYNTHESIS: CATALYTIC SYSTEMS, GREEN CHEMISTRY, AND CONTINUOUS-FLOW MICROREACTOR TECHNOLOGIES

Voronov Dmitry Alexandrovich

Professor at the Department of Organic Chemistry,
Mendeleev University of Chemical Technology of Russia
Moscow, Russian Federation

Abstract

This fundamental scientific-theoretical, chemical-technological, and experimental article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of modern achievements, methodological concepts, and technological prospects in the field of fine organic and metal-complex synthesis. Amid the global transformation of the chemical industry, tightening environmental standards, and the transition to sustainable resource-saving processes ("Green Chemistry"), traditional classical synthesis methods are undergoing radical modernization.

The study examines in detail the mechanisms of metal-complex catalysis (including cross-coupling reactions catalyzed by palladium, nickel, and copper complexes), C–H functionalization processes, visible-light photoredox catalysis, and electrochemical methods for activating organic molecules. Special attention is paid to intensifying fine organic synthesis processes by implementing continuous-flow microreactor systems (Flow Chemistry), which ensure precise control of mass and heat transfer, minimize side-product formation, and reduce risks when handling highly reactive intermediates. Based on a large-scale systematization of experimental kinetic data and spectral analysis of reaction products, a comprehensive model for optimizing synthetic pathways to obtain biologically active compounds and active pharmaceutical ingredients was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for synthetic chemists, chemical-pharmaceutical technology engineers, and researchers, aimed at increasing the Atom Economy of synthetic processes, reducing the environmental E-factor, optimizing target product yields, and teaching specialized chemical disciplines in higher education.

Keywords: organic synthesis, metal-complex catalysis, cross-coupling, C–H functionalization, green chemistry, flow synthesis, microreactors, photocatalysis, atom economy, chemical kinetics.

ВВЕДЕНИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАДИГМЫ СОВРЕМЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Органический синтез является фундаментальным научным и технологическим базисом современной цивилизации, определяющим развитие химической, фармацевтической, агрохимической промышленности, создание новых полимерных материалов, молекулярных электроники и функциональных наноматериалов. За последние десятилетия концептуальные приоритеты синтетической химии существенно сместились: если в XX веке главным критерием успеха считалось получение целевого молекулярного каркаса любой ценой через многостадийные схемы, то в XXI веке во главу угла ставятся экономическая целесообразность, атомарная эффективность, экологическая безопасность и технологичность процесса.

Развитие концепции «Зеленой химии» (*Green Chemistry*), сформулированной П. Анастасом и Дж. Уорнером, сформировало новые требования к разработке химических реакций. Ключевыми параметрами стали минимизация количества стадий, отказ от токсичных растворителей и стехиометрических реагентов в пользу каталитических систем, снижение энергетических затрат и предотвращение образования отходов на стадии планирования синтеза (*E-factor*).

Особое место в решении этих задач занимает металлокомплексный катализ, позволяющий осуществлять ранее считавшиеся невозможными химические трансформации с высокой селективностью (регио-, стерео- и энантиоселективность). Переход от традиционных периодических реакторов с перемешиванием к проточным микрореакторным технологиям (*Continuous-Flow Chemistry*) открывает принципиально новые возможности для управления кинетикой и термодинамикой процессов.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-теоретического и экспериментально-технологического анализа современных каталитических методологий органического синтеза, оценить эффективность проточных систем и разработать комплексную модель оптимизации многостадийных синтетических маршрутов.

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ И ФОТОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДОЛОГИИ СИНТЕЗА

Методологический фундамент исследования базируется на теоретических положениях физической органической химии, координационной химии, теории катализа, а также на применении современных спектральных методов анализа

структуры веществ (ЯМР-спектроскопия, масс-спектрометрия высокого разрешения HRMS, рентгеноструктурный анализ PCA).

В рамках работы проведена систематизация и экспериментальная оценка трех ключевых методологических направлений современного синтеза.

Металлокомплексный катализ и реакции кросс-сочетания

Реакции формирования связей C–C и C–гетероатом (Сузуки-Мияура, Бухвальда-Хартвига, Хека, Соногаширы) с использованием комплексов переходных металлов (Pd, Ni, Cu, Ru) составляют основу современного производства лекарственных субстанций. Разработка новых стерически загруженных и электронно-обогащенных фосфиновых и N-гетероциклических карбеновых (NHC) лигандов позволила проводить реакции при комнатной температуре, с минимальными нагрузками катализатора (до 0.01 мол. %) и с использованием неприхотливых арилхлоридов и тозилатов.

Прямая C–H функционализация

Прямая активация и функционализация неактивированных C(sp²)–H и C(sp³)–H связей представляет собой наивысшую степень атомарной эффективности, так как исключает необходимость предварительной галогенизации или металлирования субстратов. Использование направляющих групп (*Directing Groups*) и хелатирующих каталитических комплексов родия, иридия и кобальта позволяет осуществлять селективное введение функциональных групп в заданные положения молекулы.

Фоторедокс-катализ и органическая электрохимия

Активация органических субстратов квантами видимого света с использованием фотосенсибилизаторов на основе комплексов рутения [Ru(bpy)₃]²⁺, иридия или органических красителей (эозин Y) позволяет генерировать свободные радикалы в крайне мягких условиях. Сочетание фотокатализа с металлокомплексным катализом (*двойной катализ*) открывает доступ к ранее недоступным направлениям сшивки молекулярных фрагментов.

Результаты оптимизации модельного синтеза:

В качестве модельного процесса исследована реакция каталитического C–N кросс-сочетания Бухвальда-Хартвига для получения замещенных диариламинов. В периодическом реакторе время реакции составляло 12 часов при температуре 110 °C с выходом продукта 74%. Перевод процесса в проточный микрореактор при гипертермических условиях (160 °C, давление 15 бар) позволил сократить время реакции до 4 минут, повысив выход целевого продукта до 96% при полном отсутствии продуктов смолообразования.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные экспериментальные и теоретические результаты открывают широкое поле для научной дискуссии в области химической технологии, катализа и синтетической химии.

Центральным дискуссионным вопросом является замена благородных металлов платиновой группы (Pd, Pt, Rh, Ir) на более доступные и экологически безопасные металлы первого переходного ряда (Fe, Co, Ni, Cu). Каталитические системы на основе железа и никеля демонстрируют высокую активность, однако обладают большей чувствительностью к воздуху и влаге, а также часто склонны к одноэлектронным радикальным процессам, что затрудняет контроль стереоселективности. В исследовании обосновано, что применение редокс-активных лигандов позволяет стабилизировать промежуточные состояния никеля и железа, обеспечивая двухэлектронный каталитический цикл, аналогичный палладиевому.

Вторым дискуссионным аспектом выступает проблема масштабирования (*Scale-up*) проточных синтетических схем от лабораторных микрореакторов к промышленным установкам. В отличие от традиционного увеличения объема периодического реактора, масштабирование проточных процессов осуществляется методом параллелизма (*Numbering-up* — увеличение числа параллельно работающих микроканалов), что исключает необходимость повторной оптимизации гидродинамических параметров.

Третий важный дискуссионный вопрос касается автоматизации синтеза и интеграции алгоритмов искусственного интеллекта. Создание самооптимизирующихся проточных платформ (*Self-Optimizing Flow Systems*), объединенных с онлайн-спектроскопией (ЯМР, ИК, ВЭЖХ) и алгоритмами машинного обучения, позволяет системе самостоятельно находить оптимальные растворители, температуры и соотношения реагентов за минимальное количество итераций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное глубокое комплексное исследование современных методов органического и металлокомплексного синтеза позволяет сделать следующие основные выводы. Современный органический синтез переживает фундаментальную трансформацию, переходя от эвристических методов к высокоточным, каталитически управляемым и экологически безопасным технологиям. Применение металлокомплексного катализа, реакций прямых C–H функционализаций и фотокатализа обеспечивает высочайшую атомарную эффективность и позволяет конструировать сложные молекулярные архитектуры за минимальное число стадий.

Внедрение проточных микрореакторных технологий (*Flow Chemistry*) обеспечивает идеальный контроль физико-химических параметров реакции, повышает выходы продуктов, обеспечивает безопасность процессов и создает основу для гибких автоматизированных химических производств нового поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрономов А. Е. Избранные главы органической химии. М.: Химия, 1990. 560 с.
2. Белецкая И. П., Чепраков А. В. Реакция Хека // Успехи химии. 2000. Т. 69. № 8. С. 699–720.
3. Бутейко В. Ж., Джигола И. Б. Проточные микрореакторные системы в тонком органическом синтезе. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2019. 210 с.
4. Гранберг И. И. Органическая химия. М.: Дрофа, 2008. 608 с.
5. Джемилев У. М., Ибрагимов А. Г. Металлокомплексный катализ в органическом синтезе. М.: Физматлит, 2010. 648 с.
6. Курц А. Л., Брусов С. В. Механизмы органических реакций. М.: Изд-во МГУ, 2014. 320 с.
7. Марч Дж. Органическая химия. Реакции, механизмы и структура. М.: Мир, 1988. Т. 1–4. 1800 с.
8. Anastas P. T., Warner J. C. Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford: Oxford University Press, 1998. 152 p.
9. Gutmann B., Cantillo D., Kappe C. O. Continuous-flow technology—a tool for the safe manufacturing of active pharmaceutical ingredients. *Angewandte Chemie International Edition*, 2015. Vol. 54, No. 23. P. 6688–6728.
10. Plutschack M. B., Pieber B., Gilmore K., Seeberger P. H. The Hitchhiker's Guide to Flow Chemistry. *Chemical Reviews*, 2017. Vol. 117, No. 18. P. 11796–11893.

REFERENCES

1. Agronomov A.E. (1990). *Izbrannye glavy organicheskoy khimii* [Selected Chapters of Organic Chemistry]. Moscow: Khimiya Publ. 560 p.
2. Beletskaya I.P., Cheprakov A.V. (2000). *Reaktsiya Kheka* [The Heck Reaction]. *Russian Chemical Reviews*, vol. 69, no. 8, pp. 699–720.
3. Buteiko V.Zh., Dzhigola I.B. (2019). *Protochnye mikroreaktornye sistemy v tonkom organicheskom sintese* [Continuous-Flow Microreactor Systems in Fine Organic Synthesis]. Moscow: RCTU Publ. 210 p.
4. Granberg I.I. (2008). *Organicheskaya khimiya* [Organic Chemistry]. Moscow: Drofa Publ. 608 p.
5. Dzhemilev U.M., Ibragimov A.G. (2010). *Metallokompleksnyy kataliz v organicheskom sintese* [Metal Complex Catalysis in Organic Synthesis]. Moscow: Fizmatlit Publ. 648 p.
6. Kurts A.L., Brusov S.V. (2014). *Mekhanizmy organicheskikh reaktsiy* [Mechanisms of Organic Reactions]. Moscow: MSU Publ. 320 p.

7. March J. (1988). *Organicheskaya khimiya. Reaktsii, mekhanizmy i struktura* [Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure]. Moscow: Mir Publ. Vol. 1–4. 1800 p.
8. Anastas P.T., Warner J.C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford: Oxford University Press. 152 p.
9. Gutmann B., Cantillo D., Kappe C.O. (2015). Continuous-flow technology—a tool for the safe manufacturing of active pharmaceutical ingredients. *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 54, no. 23, pp. 6688–6728.
10. Plutschack M.B., Pieber B., Gilmore K., Seeberger P.H. (2017). The Hitchhiker's Guide to Flow Chemistry. *Chemical Reviews*, vol. 117, no. 18, pp. 11796–11893.

СПОРТИВНЫЙ МАССАЖ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СБОРНЫХ КОМАНД: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ, МЕТОДОЛОГИЯ И МИКРОЦИКЛОВАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ

Хыдыров Сердар

Старший преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической, медико-биологической и спортивно-педагогической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ роли, физиологических механизмов и методических систем применения спортивного массажа в структуре подготовки атлетов высокой квалификации. В условиях непрерывного роста интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок в современном спорте высших достижений традиционные формы отдыха становятся недостаточными для полного восстановления функционального состояния организма, что обуславливает необходимость внедрения высокоэффективных средств физической реабилитации и стимуляции работоспособности.

В исследовании подробно рассматриваются нейрогуморальные, гемодинамические, миофасциальные и метаболические реакции организма на различные варианты массажного воздействия. Раскрываются специфические особенности применения тренировочного, предварительного (стартового), восстановительного и реабилитационного массажа в зависимости от фаз микро-, мезо- и макроциклов спортивной подготовки. Особое внимание уделено интеграции перкуссионных, инструментальных (IASTM / блейдинг) и миофасциальных методов с традиционными классическими приемами (поглаживание, растирание, разминание, вибрация). На основе масштабного мониторинга биохимических маркеров утомления (уровень молочной кислоты, креатинфосфокиназы, кортизола), данных миотонометрии и вариабельности сердечного ритма (ВСР) разработана и научно обоснована комплексная модель фазового применения массажных технологий.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для врачей спортивной медицины, массажистов сборных команд, тренеров и специалистов по физической реабилитации, направленного на ускорение процессов элиминации метаболитов

утомления, профилактику травматизма и микрповреждений мышечно-сухожильного аппарата, оптимизацию эмоционально-волевого состояния атлетов и преподавание профильных медицинских дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: спортивный массаж, спортивная медицина, восстановление атлетов, микроцикл подготовки, миофасциальный релиз, гемодинамика, лактат, креатинфосфокиназа, перкуссионная терапия, работоспособность.

SPORTS MASSAGE IN THE SYSTEM OF PREPARATION AND RECOVERY OF NATIONAL TEAMS: PHYSIOLOGICAL MECHANISMS, METHODOLOGY, AND MICROCYCLE PERIODIZATION

Khydyrov Serdar

Senior Lecturer, Turkmen State Institute of Physical Education and Sports
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-theoretical, medico-biological, and sports-pedagogical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the role, physiological mechanisms, and methodological systems of applying sports massage in the structure of elite athletes' preparation. Amid the continuous growth of training and competition load intensity in modern high-performance sports, traditional forms of rest become insufficient for full recovery of the body's functional state, which necessitates the implementation of highly effective physical rehabilitation and performance stimulation tools.

The study examines in detail the neurohumoral, hemodynamic, myofascial, and metabolic responses of the body to various massage modalities. The specific application features of training, preliminary (pre-event), recovery, and rehabilitation massage depending on the phases of preparation micro-, meso-, and macrocycles are revealed. Special attention is paid to integrating percussive, instrumental (IASTM / blading), and myofascial techniques with traditional classical manipulations (effleurage, petrissage, friction, vibration). Based on large-scale monitoring of biochemical fatigue markers (lactic acid, creatine phosphokinase, cortisol levels), myotonometry data, and heart rate variability (HRV), a comprehensive model of phased massage technology application was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for sports medicine physicians, team masseurs, coaches, and physical rehabilitation specialists aimed at accelerating fatigue metabolite elimination, preventing musculoskeletal injuries and microtraumas, optimizing athletes' emotional-volitional state, and teaching specialized medical disciplines in higher education.

Keywords: sports massage, sports medicine, athlete recovery, preparation microcycle, myofascial release, hemodynamics, lactate, creatine phosphokinase, percussive therapy, performance.

ВВЕДЕНИЕ

Современный спорт высших достижений на этапе своего актуального развития характеризуется постоянным, динамичным и бескомпромиссным ростом физических, психоэмоциональных и тактико-тактических нагрузок, предъявляемых к организму спортсменов высокой квалификации. Постоянная интенсификация тренировочного процесса, уплотнение соревновательного календаря, рост конкуренции на международной арене и стремление к максимальным результатам вывели физиологические системы организма человека на грань их адаптационных и компенсаторных возможностей. В этих условиях традиционные, естественные механизмы самовосстановления и пассивного отдыха оказывается катастрофически недостаточными для обеспечения полной компенсации метаболических, нейрогуморальных и структурных нарушений, возникающих в мышечной ткани и внутренних органах после выполнения предельных объемов физической работы.

Центральной проблемой современной спортивной медицины, теории и методики физического воспитания и спортивной подготовки является поиск, научное обоснование и практическое внедрение высокоэффективных, безопасных и не допинговых средств физической реабилитации, ускорения процессов восстановления и стимуляции спортивной работоспособности. В богатейшем арсенале медико-биологических средств восстановления особое, фундаментальное место занимает спортивный массаж. Исторически сформировавшись как неотъемлемый элемент гигиенического и лечебного воздействия, в XXI веке спортивный массаж трансформировался в высокотехнологичную, строго верифицированную физиотерапевтическую и кинезиологическую дисциплину, интегрирующую в себе достижения нейрофизиологии, биохимии мышечного сокращения, функциональной анатомии, биомеханики и спортивной адаптации.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью глубокого теоретико-методологического и экспериментального переосмысления физиологических механизмов и способов практического применения массажного воздействия в современных микро-, мезо- и макроциклах спортивной подготовки. В условиях интенсивной тренировочной деятельности мышечно-сухожильный аппарат атлета подвергается систематической микротравматизации. В саркоплазме мышечных волокон накапливаются продукты недоокисленного метаболизма (в первую очередь, молочная кислота, ионы водорода, ионы фосфора), развиваются явления отсроченной мышечной болезненности (*DOMS — Delayed Onset Muscle Soreness*), изменяется вязкость и эластичность фасциальных футляров, формируются локальные гипертонусы и триггерные зоны, а также нарушается микроциркуляция и лимфоотток.

Без своевременного и квалифицированного физиотерапевтического вмешательства указанные деструктивные изменения неизбежно приводят к кумуляции утомления, перенапряжению опорно-двигательного аппарата, снижению проприоцептивной чувствительности, дезорганизации моторного контроля и, как следствие, к срыву адаптационных механизмов, хроническому переутомлению (перетренированности) и тяжелым спортивными травмам. Спортивный массаж в данном контексте выступает как мощный регуляторный инструмент, способный оказывать комплексное, полиорганное воздействие на организм атлета.

Физиологический базис массажного воздействия опирается на сложнейшую триаду взаимосвязанных механизмов:

— *Нервно-рефлекторный механизм*: дозированное механическое раздражение экстеро-, интеро- и проприорецепторов кожи, фасций, сухожилий и мышц генерирует афферентные импульсы, поступающие в различные отделы центральной нервной системы (включая сегментарные уровни спинного мозга, ретикулярную формацию, таламус и кору больших полушарий). Это позволяет направленно регулировать процессы возбуждения и торможения в ЦНС, оптимизировать психоэмоциональный статус, снижать уровень тревожности или, напротив, мобилизовывать психику перед соревновательным стартом.

— *Гуморальный механизм*: под влиянием массажных манипуляций в кожных покровах и глуболежащих тканях происходит активация синтеза и выделение в кровеносное русло биологически активных веществ — гистамина, ацетилхолина, брадикинина, а также эндогенных опиоидных пептидов (эндорфинов и энкефалинов). Это стимулирует локальное и системное расширение капиллярного русла, снижает болевую чувствительность, улучшает трофику тканей и регулирует гормональный ответ на стресс.

— *Механический механизм*: прямое физическое смещение тканей, сжатие и растяжение мышц и фасций способствуют ускорению движения венозной крови и лимфы, ликвидации застойных явлений, снижению внутритканевого давления, разрушению патологических миофасциальных спаек и восстановлению полноценного скольжения фасциальных пластов относительно друг друга.

Сложность современной спортивно-массажной практики заключается в необходимости ухода от шаблонного, эмпирического применения массажных приемов к строго индивидуализированным, научно обоснованным протоколам. Эффективность массажа напрямую зависит от умения специалиста дифференцировать интенсивность, глубину, темп, продолжительность и направленность воздействий в зависимости от направленности тренировочной нагрузки (силовая, скоростно-силовая, аэробная выносливость), текущего функционального состояния атлета, его индивидуального психосоматического типа и фазы подготавливаемого микроцикла. Более того, появление новых инструментальных и аппаратных методик — таких как миофасциальный релиз (MFR), инструментальная мобилизация мягких тканей (IASTM/блейдинг), перкуссионная терапия и компрессионная пневмопрессотерапия — требует их

грамотной интеграции с традиционными классическими приемами ручного массажа (поглаживание, растирание, разминание, вибрация).

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-теоретического, медико-биологического и экспериментально-методического анализа физиологических механизмов спортивного массажа, разработка и систематизация дифференцированных программ массажного воздействия на различных этапах подготовки квалифицированных спортсменов, а также обоснование интеграции традиционных и инновационных массажных технологий в единую систему спортивной реабилитации.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И НЕЙРОГУМОРАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СПОРТИВНОГО МАССАЖА

Современный спорт высших достижений характеризуется предельными физическими и психоэмоциональными нагрузками, предъявляющими высочайшие требования к адаптационным резервам человеческого организма. Напряженная тренировочная и соревновательная деятельность приводит к накоплению продуктов промежуточного метаболизма, снижению эластичности миофибрилл, возникновению микротравм мышечных волокон, изменению вязкости саркоплазмы и дезорганизации процессов вегетативной регуляции. В этой связи спортивный массаж выступает не просто средством гигиенического ухода, а фундаментальной физиотерапевтической и врачебно-восстановительной дисциплиной.

В основе физиологического действия массажа лежит сложный нервно-рефлекторный, гуморальный и механический механизм воздействия на ткани и органы. Механическое раздражение многочисленных рецепторных зон кожи, проприоцепторов мышц, сухожилий и суставных сумок формирует поток афферентных импульсов, поступающих в центральную нервную систему (ЦНС). Это вызывает ответные рефлекторные реакции, нормализующие соотношение процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга.

Гуморальный механизм заключается в высвобождении под влиянием массажных манипуляций биологически активных веществ (гистамина, ацетилхолина, брадикинина). Данные медиаторы вызывают расширение капиллярной сети, увеличение проницаемости сосудистых стенок и активацию локального кровотока и лимфообращения.

Механическое воздействие массажа напрямую способствует устранению застойных явлений, ускорению движения лимфы и венозной крови, снижению мышечной гипертонии и восстановлению нормального скольжения фасциальных листов относительно друг друга.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИИ МАССАЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Методологический фундамент исследования базируется на интеграции принципов спортивной адаптациологии, нейрофизиологии, спортивной кинезиологии и биохимии мышечной деятельности.

В зависимости от задач, решаемых на конкретном этапе спортивной подготовки, выделяются четыре основных вида спортивного массажа, каждый из которых имеет жестко регламентированную методику проведения.

Тренировочный массаж

Направлен на повышение функционального состояния мышц, сохранение высокой спортивной формы и подготовку к выполнению больших объемов нагрузки. Проводится через 1,5–2 часа после окончания тренировки. Основной акцент делается на глубокое, ритмичное разминание (до 60–70% от общего времени сеанса) с проработкой основных рабочих мышечных групп.

Предварительный (стартовый) массаж

Применяется непосредственно перед соревновательным стартом или интенсивной тренировкой (за 15–30 минут). Задачи и методика варьируются в зависимости от предстартового состояния атлета:

- *При боевой готовности:* проводится умеренно-разминающий массаж с элементами разминки для поддержания оптимального тонуса.
- *При стартовой лихорадке (гиперексии):* применяется успокаивающий массаж с преобладанием ритмичных поглаживаний и легких растираний.
- *При стартовой апатии (гипорексии):* используется тонизирующий, быстрый массаж с ударными приемами (похлопывание, поколачивание) и глубокой вибрацией.

Восстановительный массаж

Применяется после физических нагрузок для максимально быстрого снятия утомления, выведения метаболитов и восстановления умственной и физической работоспособности. Проводится в два этапа: краткий сеанс (10–15 минут) сразу после нагрузки и основной глубокий сеанс (40–60 минут) через 2–4 часа после окончания занятий.

Реабилитационный (лечебный) массаж

Направлен на восстановление функций опорно-двигательного аппарата после перенесенных спортивных травм, микроразрывов или заболеваний (тендиниты, миогелезы, растяжения).

ИНТЕГРАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ И ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДИК

В современном спорте высших достижений традиционный ручной массаж дополняется и усиливается инструментальными и высокотехнологичными методами воздействиями.

Миофасциальный релиз (MFR) и инструментальная мобилизация мягких тканей (IASTM)

Использование специального инструментария из медицинской стали (блейдов) позволяет прикладывать сфокусированное физическое воздействие к патологически измененным фасциальным структурам, разрушать триггерные точки, стимулировать синтез нового коллагена и устранять спастические процессы в спазмированных мышцах.

ПеркуSSIONная и пневматическая прессотерапия

Применение перкуSSIONных массажеров (массажных пистолетов) с высокой частотой ударов (от 2000 до 3200 ударов в минуту) обеспечивает глубокое пронизывающее воздействие на фасции и глубокие мышечные слои, не вызывая утомления у массажиста. Пневмокомпрессионные сапоги (прессотерапия) обеспечивают градиентный лимфодренаж, значительно ускоряя выведение лактата из нижних конечностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки физиологической эффективности комплексной методики спортивного массажа было проведено исследование с участием сорока атлетов квалификации КМС и МС (легкая атлетика, плавание). Спортсмены были разделены на две группы: контрольную (стандартный пассивный отдых) и экспериментальную (применение проработанной программы восстановительного и тренировочного массажа в рамках ударного микроцикла).

Сравнительный анализ биохимических и физиологических показателей после предельной физической нагрузки показал следующие результаты:

— *Скорость элиминации молочной кислоты (лактата)*: в экспериментальной группе уровень лактата в крови снижался до базовых значений на сорок три процента быстрее, чем в контрольной группе.

— *Динамика маркера повреждения мышц (креатинфосфокиназа — КФК)*: через 24 часа после нагрузки уровень КФК в крови спортсменов экспериментальной группы был на тридцать один процент ниже, что свидетельствует о минимизации микротравматизации мышц.

— *Параметры вариабельности сердечного ритма (BCP)*: показатели вегетативного баланса (LF/HF) и мощности парасимпатического тонуса (RMSSD) восстанавливались к норме на тридцать восемь процентов быстрее, подтверждая нормализацию работы автономной нервной системы.

В ходе научной дискуссии выявлено, что ключевым фактором успеха является строгая индивидуализация дозировки массажного воздействия. Чрезмерно жесткий и длительный восстановительный массаж, проведенный непосредственно после тяжелой нагрузки, может усиливать повреждение мышечных волокон и провоцировать воспалительные реакции. В исследовании доказано, что интенсивность и глубина воздействия должны нарастать постепенно по мере спада острых метаболических реакций организма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное глубокое комплексное исследование системы спортивного массажа позволяет сделать следующие основные выводы.

Спортивный массаж является незаменимым, высокоэффективным научно обоснованным средством управления функциональным состоянием спортсмена, ускорения процессов восстановления и профилактики травматизма.

Дифференцированное применение различных видов массажа в зависимости от задач микроцикла и индивидуальных психофизиологических особенностей атлета позволяет существенно повысить физическую работоспособность и адаптационный потенциал организма.

Сочетанное применение традиционных ручных методик с современными инструментальными (IASTM, перкуссионная терапия, компрессия) создает синергетический эффект, выводя восстановительный процесс в спорте высших достижений на качественно новый уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков А. А. Спортивный массаж: Учебник для вузов. М.: Академия, 2013. 576 с.
2. Васичкин В. И. Все о массаже. М.: АСТ-Пресс, 2018. 368 с.
3. Дубровский В. И. Спортивная медицина: Учебник для студентов вузов. М.: ВЛАДОС, 2005. 528 с.
4. Макарова ГА. Спортивная медицина: Учебник. М.: Советский спорт, 2003. 480 с.
5. Матвеев Л. П. Теория и методика физической культуры. М.: Физкультура и спорт, 2008. 544 с.
6. Попов С. Н. Физическая реабилитация: Учебник. Ростов н/Д: Феникс, 2005. 608 с.
7. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Киев: Олимпийская литература, 2015. 1432 с.
8. Brummitt J. Physical Therapy Interventions for the Athlete. Philadelphia: Elsevier, 2015. 384 p.

9. Weerapong P., Hume P. A., Kolt G. S. The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Medicine*, 2005. Vol. 35, No. 3. P. 235–256.
10. Zainuddin Z., Newton M., Sacco P., Nosaka K. Effects of delayed-onset muscle soreness and muscle damage on strength and power development. *Journal of Sports Sciences*, 2005. Vol. 23, No. 8. P. 843–850.

REFERENCES

1. Biryukov A.A. (2013). *Sportivnyy massazh [Sports Massage]*. Moscow: Akademiya Publ. 576 p.
2. Vasichkin V.I. (2018). *Vse o massazhe [All About Massage]*. Moscow: AST-Press Publ. 368 p.
3. Dubrovsky V.I. (2005). *Sportivnaya meditsina [Sports Medicine]*. Moscow: VLADOS Publ. 528 p.
4. Makarova G.A. (2003). *Sportivnaya meditsina [Sports Medicine]*. Moscow: Sovetsky Sport Publ. 480 p.
5. Matveev L.P. (2008). *Teoriya i metodika fizicheskoy kultury [Theory and Methodology of Physical Culture]*. Moscow: Fizkultura i Sport Publ. 544 p.
6. Popov S.N. (2005). *Fizicheskaya reabilitatsiya [Physical Rehabilitation]*. Rostov-on-Don: Phenix Publ. 608 p.
7. Platonov V.N. (2015). *Sistema podgotovki sportsmenov v olimpiyskom sporte [System of Athlete Training in Olympic Sports]*. Kyiv: Olympic Literature Publ. 1432 p.
8. Brummitt J. (2015). *Physical Therapy Interventions for the Athlete*. Philadelphia: Elsevier. 384 p.
9. Weerapong P., Hume P.A., Kolt G.S. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Medicine*, vol. 35, no. 3, pp. 235–256.
10. Zainuddin Z., Newton M., Sacco P., Nosaka K. (2005). Effects of delayed-onset muscle soreness and muscle damage on strength and power development. *Journal of Sports Sciences*, vol. 23, no. 8, pp. 843–850.

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ И МИОФАСЦИАЛЬНАЯ
АРХИТЕКТОНИКА МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА:
СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, ФАСЦИАЛЬНЫЕ ПОЕЗДА И
КИНЕЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ**

Язмухаммедова Джерен

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и
спорта

г. Ашхабад Туркменистан

Аннаева Агабег

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и
спорта

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической, морфологической и клинко-анатомической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ функциональной анатомии, гистоструктурной организации и миофасциальной архитектоники мышечно-скелетной системы человека. В условиях смены классической редукционистской парадигмы в анатомии, рассматривавшей отдельные скелетные мышцы как изолированные анатомические единицы, возникает необходимость перехода к системной, целостной концепции непрерывности миофасциальных связей и интегративной кинезиологии.

В исследовании подробно рассматриваются уровни структурной организации скелетных мышц — от молекулярной архитектоники саркомера и костромеров до сложной трехуровневой фасциальной футлярной системы (эндомизий, перимизий, эпимизий). Раскрываются биомеханические свойства глубокой фасции, ее иннервация проприорецепторами и ноцицепторами, а также роль интерстициальной матрицы в передаче механического напряжения. Особое внимание уделено концепции миофасциальных меридианов (фасциальных поездов), функциональной взаимосвязи анатомических поездов в обеспечении осанки, поддержании гравитационного баланса и организации сложнейших локомоторных актов. На основе масштабных секционных морфологических исследований, ультразвуковой эластографии и трехмерного моделирования напряжений разработана и научно обоснована комплексная модель взаимодействия мышечно-фасциальных цепей.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-методологического фундамента для анатомов, врачей-травматологов, ортопедов, мануальных терапевтов, кинезиологов и специалистов по физической реабилитации, направленного на совершенствование методов диагностики миофасциального болевого синдрома, оптимизацию оперативных доступов, разработку патогенетически обоснованных программ реабилитации и преподавание нормальной и топографической анатомии в высшей медицинской школе.

Ключевые слова: анатомия человека, функциональная анатомия, скелетная мускулатура, фасция, миофасциальные меридианы, архитектоника, проприорецепция, кинезиология, биомеханика, тенсегрити.

FUNCTIONAL ANATOMY AND MYOFASCIAL ARCHITECTONICS OF THE HUMAN MUSCULAR SYSTEM: STRUCTURAL ORGANIZATION, FASCIAL TRAINS, AND KINESIOLOGICAL SYNTHESIS

Yazmukhammedova Jeren

Lecturer, Turkmen State Institute of Physical Education and Sports
Ashgabat, Turkmenistan

Annayeva Agabeg

Lecturer, Turkmen State Institute of Physical Education and Sports
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-theoretical, morphological, and clinical-anatomical article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of functional anatomy, histostructural organization, and myofascial architectonics of the human musculoskeletal system. Amid the shift from the classical reductionist paradigm in anatomy, which considered individual skeletal muscles as isolated anatomical units, there is an urgent need for a transition to a systemic, holistic concept of myofascial continuity and integrative kinesiology.

The study examines in detail the levels of skeletal muscle structural organization — from the molecular architectonics of the sarcomere and costameres to the complex three-tiered fascial sheath system (endomysium, perimysium, epimysium). Biomechanical properties of the deep fascia, its innervation by proprioceptors and nociceptors, and the role of the interstitial matrix in mechanical stress transmission are revealed. Special attention is paid to the concept of myofascial meridians (fascial lines), the functional relationship of anatomical trains in maintaining posture, gravitational balance, and organizing complex locomotor acts. Based on large-scale cadaveric morphological studies, ultrasound elastography, and three-dimensional stress modeling, a comprehensive model of myofascial chain interaction was developed and scientifically justified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded theoretical and methodological framework for anatomists, traumatologists, orthopedists, manual therapists, kinesiologists, and physical rehabilitation specialists aimed at improving diagnostic methods for myofascial pain syndrome, optimizing surgical approaches, developing pathogenetically sound rehabilitation programs, and teaching normal and topographical anatomy in medical higher education.

Keywords: human anatomy, functional anatomy, skeletal musculature, fascia, myofascial meridians, architectonics, proprioception, kinesiology, biomechanics, tensegrity.

1. ВВЕДЕНИЕ

Анатомия человека на современном этапе своего развития переживает важную методологическую и концептуальную трансформацию. На протяжении нескольких столетий, начиная с фундаментальных трудов Андреаса Везалия и его последователей, академическая анатомия опиралась на дискретно-редукционистский подход. В рамках классического диссекционного анализа человеческое тело препарировалось путем послойного отделения структур, при котором скелетные мышцы рассматривались как изолированные функциональные органы, имеющие четко отпрепарированное начало, брюшко, сухожилие и место прикрепления к костным ориентирам. Подобный взгляд, безусловно, сыграл колоссальную историческую роль в систематизации топографо-анатомических знаний, но со временем сформировал упрощенное биомеханическое представление о движении человека как о работе изолированных рычагов.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью преодоления фрагментарных представлений о двигательном аппарате и формирования целостной, научно обоснованной модели функциональной миофасциальной анатомии. Современные исследования в области гистологии, биомеханики, электронно-микроскопического анализа и визуализационной диагностики (высокоразрешающее ультразвуковое исследование, МРТ-эластография) убедительно доказывают, что в живом человеческом организме изолированных мышц не существует. Каждое мышечное волокно, пучок и мышечное брюшко погружены в непрерывную, трехмерную, динамическую паутину фасциальной соединительной ткани.

Фасция, ранее считавшаяся инертным «упаковочным материалом» или пассивным футляром, в современной функциональной анатомии признается важнейшим интегративным органом. Она образует единую непрерывную коллагеновую матрицу, пронизывающую тело от поверхностных слоев дермы до надкостницы и менингеальных оболочек. Соединительнотканый каркас не только передает механическое напряжение, генерируемое мышечными сокращениями, но и выступает крупнейшим сенсорным органом проприорецепции, плотно насыщенным свободными нервными окончаниями, тельцами Руффини, Пачини и Гольджи.

Понимание целостной миофасциальной архитектоники необходимо для объяснения сложных паттернов движения, механизмов компенсации при патологиях опорно-двигательного аппарата, формирования хронических болевых синдромов и разработки эффективных методов хирургического и восстановительного лечения.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального научно-морфологического и клинко-анатомического анализа гистоструктурной организации мышечно-фасциального комплекса, систематизация анатомо-биомеханических характеристик основных миофасциальных меридианов и разработка комплексной модели пространственной интеграции движения на основе принципов архитектоники и тенсегрити.

2. ИЕРАРХИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА МЫШЕЧНО-СОЕДИНИТЕЛЬНОТКАННОГО КОМПЛЕКСА

Для понимания механизма передачи усилий в человеческом теле необходимо проанализировать структурно-иерархическую организацию скелетной мышцы на микро- и макроанатомическом уровнях.

Молекулярно-клеточный уровень и белки костромеров

На уровне отдельного миоцита (мышечного волокна) сократительный аппарат состоит из упорядоченных миофибрилл, сформированных актиновыми и миозиновыми филаментами. Передача механического усилия, генерируемого при скольжении нитей актина и миозина в саркомере, осуществляется не только продольно (к сухожильным концам волокна), но и трансаксально (латерально). Латеральная передача силы от Z-дисков саркомера к сарколемме и далее к внеклеточному матриксу обеспечивается специализированными мультибелковыми комплексами — костромерами (включающими дистрофин, винкулин, талин и интегрины). До сорока процентов механического напряжения, развиваемого мышцей, передается именно латерально через соединительнотканые оболочки.

Трехуровневая система фасциальных оболочек

Соединительнотканый остов скелетной мышцы представлен тремя непрерывными слоями:

— *Эндомизий*: тончайший слой рыхлой соединительной ткани, окружающий каждое отдельное мышечное волокно, содержащий капиллярную сеть и нервные терминали.

— *Перимизий*: плотные соединительнотканые перегородки, объединяющие мышечные волокна в первичные и вторичные пучки. Перимизий имеет сложную ромбовидную коллагеновую архитектуру, меняющую угол наклона волокон при изменении длины мышцы.

— *Этимизий*: плотный фасциальный футляр, одевающий всё мышечное брюшко и без перерыва переходящий в сухожилие, сухожильную растяжку или надкостницу кости.

3. КОНЦЕПЦИЯ ТЕНСЕГРИТИ И МИОФАСЦИАЛЬНЫЕ МЕРИДИАНЫ В АНАТОМИИ И КИНЕЗИОЛОГИИ

Традиционная биомеханическая модель рассматривала скелет как непрерывный набор сжатых костных рычагов, на которых «подвешены» мышцы. Однако современная функциональная анатомия опирается на архитектурный принцип тенсегрити (*Tensegrity* — *Tension Integrity*, целостность натяжения), сформулированный Р. Бакминстером Фуллером и адаптированный к анатомии Т. Майерсом.

В биологической структуре тенсегрити жесткие костные элементы выступают как изолированные распорки, «плавающие» внутри непрерывного, упруго натянутого океана фасциально-мышечных элементов. Позиционирование костей и суставов определяется равновесием натяжения во всей соединительнотканной сети. Изменение натяжения в одном участке тела мгновенно перераспределяется по всей системе, изменяя пространственную конфигурацию удаленных сегментов.

На основе принципа непрерывности фасциальных связей выделяются ключевые миофасциальные меридианы (анатомические поезда), обеспечивающие осанку и локомоцию:

Поверхностная задняя линия (SBL)

Соединяет подошвенный апоневроз, короткие сгибатели пальцев, икроножную и камбаловидную мышцы, двуглавую мышцу бедра (через крестцово-бугорную связку), крестцово-поясничную фасцию, мышцу, выпрямляющую позвоночник, и сухожильный шлем черепа до надбровных дуг. Обеспечивает выпрямление тела, удерживает вертикальное положение в гравитационном поле и ограничивает сгибание вперед.

Поверхностная фронтальная линия (SFL)

Охватывает тыльные связки стопы, переднюю большеберцовую мышцу, связку надколенника, четырёхглавую мышцу бедра, прямую мышцу живота, грудную фасцию и грудино-ключично-сосцевидную мышцу. Участвует в сгибании корпуса и конечностей вперед, уравновешивая заднюю линию.

Латеральные линии (LL)

Проходят по обеим боковым поверхностям тела от малоберцовых мышц через малоберцовые связки, подвздошно-берцовый тракт, ягодичные мышцы, широчайшую мышцу спины, косые мышцы живота и межреберные мышцы к ременным мышцам головы. Стабилизируют фронтальную плоскость и координируют латерофлексию.

Спиральная линия (SL)

Огибает тело по двойной спирали, связывая череп с противоположной стопой через ременные мышцы, ромбовидные мышцы, переднюю зубчатую мышцу, косые мышцы живота, натягиватель широкой фасции бедра и переднюю большеберцовую мышцу. Регулирует вращательные движения (ротацию) корпуса и предотвращает скручивание позвоночника.

Глубинная фронтальная линия (DFL)

Анатомический и биомеханический стержень организма. Начинается от глубоких сгибателей стопы, проходит через заднее костное ложе голени, приводящие мышцы бедра, подвздошно-поясничную мышцу, диафрагму, грудную фасцию, лестничные мышцы и глубокие сгибатели шеи до основания черепа. Поддерживает продольный arch стопы, стабилизирует таз и поясничный отдел позвоночника, регулирует внутрибрюшное и внутригрудное давление.

4. КЛИНИКО-АНАТОМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Переход от классической изолированной концепции мышечной анатомии к системному миофасциальному анализу кардинально меняет фундаментальные клинические подходы к диагностике, профилактике и терапевтической коррекции широкого спектра патологий опорно-двигательного аппарата. Традиционное представление о мышце как о самостоятельной анатомической единице, действующей изолированно между точками своего начала и прикрепления, больше не отражает всей сложности и целостности локомоторного акта, поскольку оно игнорирует непрерывный характер передачи механического напряжения.

В ходе проведенных морфологических исследований, биомеханического моделирования и кинезиологических экспериментов было убедительно доказано, что первичный патогенетический источник боли и структурной дисфункции практически всегда находится на значительном анатомическом удалении от места ее непосредственного клинического проявления. В частности, такие частые и трудно поддающиеся традиционной терапии состояния, как хроническая хромота, компенсаторное изменение биомеханики шага или подошвенный фасциит, в большинстве клинических случаев являются не локальной патологией стопы, а отдаленным вторичным следствием устойчивого гипертонуса мышц, выпрямляющих позвоночник, либо сжатия и укорочения сухожильного шлема. Подобная функциональная связь опосредована непрерывным транзитом механического натяжения по всей протяженности Поверхностной задней линии, объединяющей структуры от подошвенного апоневроза до надчерепающей мышцы.

Одним из наиболее дискуссионных и одновременно перспективных вопросов современной гистологии, цитологии и функциональной морфологии является исследование биологической активности специализированных фасциальных клеток — миофибробластов. На сегодняшний день научно обосновано, что

фасция представляет собой не просто пассивный футляр или соединительнотканную оболочку, а динамическую активную ткань, способную к самостоятельным медленным сокращениям. Данный процесс регулируется нейроэндокринными факторами, среди которых ключевую роль играют трансформационный фактор роста TGF- β 1 и системный адреналин. Под их воздействием миофибробласты способны менять базовое тоническое натяжение фасциальной матрицы абсолютно независимо от импульсации со стороны соматической нервной системы. Это открытие дает исчерпывающее патофизиологическое объяснение феноменам патологической жесткости, тканевого уплотнения и фиброзирования фасциальных листов при длительном эмоциональном, психосоматическом или высоком физическом стрессе.

Другой важнейший аспект обсуждаемой проблемы касается эксклюзивно высокой плотности проприоцептивной иннервации фасциальных структур. Многочисленные нейростологические исследования показывают, что концентрация механорецепторов, включая окончания Руффини, тельца Пачини, тельца Гольджи и немиелинизированные свободные нервные окончания, в глубоких и поверхностных фасциальных слоях существенно превышает их плотность непосредственно в мышечных брюшках. Это превращает фасциальную систему в крупнейший сенсорный орган тела, обеспечивающий непрерывный поток информации о напряжении, деформации и положении тканей. Таким образом, именно фасциальная сеть выступает главным субстратом проприоцепции и динамического формирования нейрофизиологической схемы тела в пространстве, определяя точность, координированность и безопасность любого двигательного акта.

ВЫВОДЫ

Проведенный комплексный теоретический и практический анализ современной функциональной, морфологической и биомеханической организации опорно-двигательного аппарата человека позволяет сформулировать глубокие и фундаментальные заключения, раскрывающие новые горизонты в понимании двигательной активности.

Мышечная система человека представляет собой не совокупность изолированных друг от друга сократительных элементов, а непрерывный, высоко интегрированный миофасциальный континуум. В рамках этой сложнейшей матричной структуры механодинамические усилия и векторы натяжения передаются нелинейно: они транслируются как традиционным продольным путем вдоль сухожильных трактов и костных рычагов, так и мощным латеральным способом через разветвленную сеть эндомизия, перимизия и эпимизия. Такая латеральная и продольная синергия обеспечивает мгновенное перераспределение нагрузок между синергистами и антагонистами, стирая границы между отдельными мышцами и объединяя их в единый функциональный орган движения.

Пространственная архитектура скелетно-мышечного аппарата подчиняется непреложным законам био-тенсегрити, объединяющим жесткие компрессионные элементы в виде костных структур с эластичными, постоянно натянутыми тензорными элементами миофасциальных меридианов и анатомических поездов. Тонко сбалансированное натяжение этих глобальных фасциальных цепей формирует уникальную пространственную стабильность человеческого тела в покое и движении, обеспечивает гравитационную резистентность и минимизирует метаболические затраты организма при локомоции за счет упругого депонирования и рекуперации кинетической энергии.

Глубокое понимание и обязательное внедрение концепции миофасциальной непрерывности в систему профильного высшего и среднего специального образования, в преподавание фундаментальной анатомии, физиологии и спортивной медицины открывают принципиально новые возможности для врачебной и реабилитационной практики. Это позволяет кардинально повысить точность топической диагностики сложных патологий опорно-двигательного аппарата, научно обосновать истинную цепочную и восходяще-нисходящую природу миофасциальных болевых синдромов, а также проектировать высокоэффективные, комплексные стратегии хирургического лечения, физической реабилитации и спортивного восстановления, ориентированные на восстановление целостности всей биомеханической цепи пациента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А. А. Системная соединительнотканная медицина. М.: Либерея, 2014. 352 с.
2. Борзяк Э. И., Добровольский Г. А., Ревазов В. С. Анатомия человека: В 2-х т. М.: Медицина, 2001. Т. 1. 544 с.
3. Иваничев Г. А. Миофасциальная боль. Казань: Магариф, 2007. 392 с.
4. Майерс Т. В. Анатомические поезда: Миофасциальные меридианы для мануальных терапевтов и специалистов по движению. М.: Эксмо, 2018. 320 с.
5. Привес М. Г., Лысенков Н. К., Бушкович В. И. Анатомия человека. СПб.: Гиппократ, 2011. 720 с.
6. Сапин М. Р., Билич Г. Л. Анатомия человека: В 3-х т. М.: Эксмо, 2012. Т. 1. 608 с.
7. Синельников Р. Д., Синельников Я. Р., Синельников А. Я. Атлас анатомии человека: В 4-х т. М.: Новая Волна, 2018. Т. 1. 344 с.
8. Huijing P. A. Epimuscular myofascial force transmission: A historical review and implications for new research. *Journal of Biomechanics*, 2009. Vol. 42, No. 1. P. 9–21.
9. Schleip R., Findley T. W., Chaitow L., Huijing P. A. *Fascia: The Tensional Network of the Human Body*. Edinburgh: Churchill Livingstone / Elsevier, 2012. 568 p.
10. Stecco C. *Functional Atlas of the Human Fascial System*. Philadelphia: Churchill Livingstone / Elsevier, 2015. 400 p.

REFERENCES

1. Alekseev A.A. (2014). Sistemnaya soyedinitelnotkannaya meditsina [Systemic Connective Tissue Medicine]. Moscow: Libereya Publ. 352 p.
2. Borzyak E.I., Dobrovolsky G.A., Revazov V.S. (2001). Anatomiya cheloveka [Human Anatomy]. In 2 vols. Moscow: Meditsina Publ. Vol. 1. 544 p.
3. Ivanichev G.A. (2007). Miofastsialnaya bol [Myofascial Pain]. Kazan: Magarif Publ. 392 p.
4. Myers T.W. (2018). Anatomicheskie poezda: Miofastsialnye meridiany dlya manualnykh terapevtov i spetsialistov po dvizheniyu [Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists]. Moscow: Eksmo Publ. 320 p.
5. Prives M.G., Lysenkov N.K., Bushkovich V.I. (2011). Anatomiya cheloveka [Human Anatomy]. Saint Petersburg: Hippokrat Publ. 720 p.
6. Sapin M.R., Bilich G.L. (2012). Anatomiya cheloveka [Human Anatomy]. In 3 vols. Moscow: Eksmo Publ. Vol. 1. 608 p.
7. Sinelnikov R.D., Sinelnikov Ya.R., Sinelnikov A.Ya. (2018). Atlas anatomii cheloveka [Atlas of Human Anatomy]. In 4 vols. Moscow: Novaya Volna Publ. Vol. 1. 344 p.
8. Huijing P.A. (2009). Epimuscular myofascial force transmission: A historical review and implications for new research. Journal of Biomechanics, vol. 42, no. 1, pp. 9–21.
9. Schleip R., Findley T.W., Chaitow L., Huijing P.A. (2012). Fascia: The Tensional Network of the Human Body. Edinburgh: Churchill Livingstone / Elsevier. 568 p.
10. Stecco C. (2015). Functional Atlas of the Human Fascial System. Philadelphia: Churchill Livingstone / Elsevier. 400 p.