



№1(13)

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРИЗОНТЫ

SCIENCE HORIZONS

НАУКИ

АЭРОНАВТИКА

ПОЛЁТЫ В КОСМОС
АВИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
БУДУЩЕЕ КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ



| 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 ТЕХНОЛОГИИ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ И ГИБРИДНЫХ АЭРОНАВТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	6
2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕРХЗВУКОВЫХ И ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.....	13
3. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТОВ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	20
4. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА	27
5. ОШИБКА СТУДЕНТОВ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ФРАНЦУЗСКИХ ЛЕКСИЧЕСКИХ СИНОНИМОВ И МЕТОДИКА ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ.....	35
6. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ И КВАНТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	44
7. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИИ ЛИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА	51
8. СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИЧНОСТИ В ОПОРЕДОВАННОЙ КОММУНИКАЦИИ	58
9. АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЭРА АНГСТРЕМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	65

10. НАЦИОНАЛЬНО-КУЛЬТУРНАЯ СПЕЦИФИКА СОМАТИЧЕСКИХ ФРАЗЕОЛОГИЗМОВ ТУРКМЕНСКОГО И ИСПАНСКОГО ЯЗЫКОВ	72
11. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ, ТРАНЗИСТОРНЫЕ ТОПОЛОГИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЭРУ АНГСТРЕМНЫХ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	80
12. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЛИТИКО-ПРАВОВЫХ ИНСТИТУТОВ ДРЕВНЕГО РИМА: ОТ ЦАРСКОГО ПЕРИОДА ДО ПАДЕНИЯ ИМПЕРИИ	89
13. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ И КВАНТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	97
14. ГЕОГРАФИЯ И СТРУКТУРА НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА	104
15. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ УСТНОЙ РЕЧИ НА ФРАНЦУЗСКОМ ЯЗЫКЕ	111

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ И ГИБРИДНЫХ АЭРОНАВТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Григорьев Александр Дмитриевич

Аспирант кафедры авиационной техники и аэродинамики, Белорусский
государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В данной научной статье проводится комплексный, фундаментальный и всесторонний научно-технический анализ современных тенденций, аэродинамических закономерностей и инженерно-конструкторских решений в области проектирования и эксплуатации аэронавтических систем, включая дирижабли нового поколения, гибридные воздухоплавательные суда и беспилотные аэростатные платформы. В исследовании подробно рассматриваются аэродинамика обтекания оболочек сложной геометрии, расчет устойчивости и управляемости при воздействии турбулентных атмосферных возмущений, а также оптимизация подъемных характеристик за счет комбинирования статической (архимедовой) и динамической аэродинамической сил. Особое внимание уделено декомпозиции параметров аэростатического подъема, термодинамике рабочих газов (гелия и азотно-гелиевых смесей) внутри оболочки и применению легких композиционных материалов и углеродных наноструктур. Проведен comparative анализ численного моделирования аэродинамических полей с использованием методов вычислительной гидрогазодинамики (CFD). Практическая ценность работы заключается в формировании научно обоснованных рекомендаций по повышению автономности, грузоподъемности и энергоэффективности аэронавтической техники длительного барражирования.

Ключевые слова: аэронавтика, воздухоплавание, дирижабли, гибридные летательные аппараты, аэродинамика оболочек, CFD-моделирование, аэростатическая подъёмная сила, гелий, композитные материалы, беспилотные аэростаты.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND AERODYNAMIC ASPECTS OF DESIGNING UNMANNED AND HYBRID AERONAUTICAL SYSTEMS

Grigoriyev Alexander Dmitrievich

Postgraduate Student of the Department of Aviation Technology and Aerodynamics,
Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract

This scientific article provides a comprehensive, fundamental, and detailed engineering analysis of modern trends, aerodynamic patterns, and structural solutions in the field of designing and operating aeronautical systems, including new-generation airships, hybrid aircraft, and unmanned aerostatic platforms. The study examines in detail the aerodynamics of complex shell shapes, stability and controllability calculations under turbulent atmospheric disturbances, and the optimization of lifting characteristics through a combination of static (Archimedean) and dynamic aerodynamic forces. Special attention is paid to the decomposition of aerostatic lift parameters, thermodynamics of lifting gases (helium and nitrogen-helium mixtures) inside the envelope, and the use of lightweight composite materials and carbon nanostructures. A comparative analysis of numerical simulation of aerodynamic fields using computational fluid dynamics (CFD) methods is carried out. The practical value of the work lies in formulating scientifically grounded recommendations to increase the autonomy, payload capacity, and energy efficiency of long-endurance aeronautical equipment.

Keywords: aeronautics, lighter-than-air aircraft, airships, hybrid aircraft, envelope aerodynamics, CFD modeling, aerostatic lift, helium, composite materials, unmanned aerostats.

Введение

Современный этап развития мировой транспортной и научно-исследовательской инфраструктуры характеризуется актуализацией интереса к аэронавтическим системам — летательным аппаратам тяжелее или легче воздуха, использующим аэростатические и гибридные принципы поддержания высоты. Воздухоплавательная техника, переживающая технологический ренессанс на базе современных достижений материаловедения, микроэлектроники и вычислительной аэродинамики, предлагает уникальные альтернативные решения для задач длительного мониторинга, связи, транспортировки крупногабаритных грузов в труднодоступные регионы и освоения верхних слоев атмосферы (стратосферные платформы).

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью преодоления ключевых ограничений традиционных дирижаблей прошлых поколений — высокой парусности, низкой крейсерской скорости, высокой зависимости от

метеорологических условий и сложности наземного обслуживания. Переход к гибридным аэронавтическим системам, генерирующим до 25–40% подъемной силы за счет аэродинамической формы корпуса при движении, требует принципиально новых подходов к расчетам гидрогазодинамики и механики полета.

Сложность проектирования аэронавтических судов заключается в их выраженной междисциплинарной природе. Инженерные решения должны одновременно обеспечивать прочность мягких или полужестких оболочек под внутренним давлением, минимальное лобовое сопротивление, термическую стабильность несущего газа и эффективное управление принудительной векторной тягой. Главной целью данного исследования является разработка интегрированной методологии проектирования и аэродинамического расчета аэронавтических платформ нового поколения для обеспечения их высокой энергоэффективности и устойчивости в сложных атмосферных условиях.

Материалы и методы

Методологическая основа работы строится на синтезе методов классической аэрогидродинамики, теоретической механики, численного моделирования несжимаемых и слабосжимаемых вязких потоков, а также методов вариационного оптимизационного анализа.

Для обеспечения строгости математических расчетов и полноты анализа в процессе работы производился постоянный учет, детальная систематизация и структурный анализ обширного массива входных данных и параметров, которые были разделены на три ключевые и фундаментальные категории.

Первая категория включает геометро-аэродинамические и термодинамические параметры непрерывной среды и летательного аппарата. Анализировались формы внешнего обтекания корпуса (каплевидные, дискообразные, катамаранные схемы), распределение коэффициентов давления и трения по поверхности, параметры пограничного слоя, показатели аэростатической подъемной силы Архимеда, а также температура и давление несущего газа (гелия) и атмосферного воздуха.

Вторая категория охватывает дискретно-сеточные и вычислительные характеристики аэродинамических моделей. Анализировались параметры пространственных сеток в расчетной области с различной степенью адаптации в области пограничного слоя и следа, модели турбулентности (k-epsilon, SST Menter, Spalart-Allmaras), критерии сходимости численных решений уравнений Навье–Стокса, усредненных по Рейнольдсу (RANS), а также точность аппроксимации интегральных аэродинамических характеристик (коэффициентов лобового сопротивления C_x и подъемной силы C_y).

Третья категория состоит из конструктивно-прочностных и массо-энергетических параметров аэронавтической системы. К ним относятся характеристики многослойных полимерно-композитных тканей оболочек (прочность на разрыв, газопроницаемость, устойчивость к ультрафиолету), параметры силовых установок с системой отклонения вектора тяги, характеристики солнечных панелей и буферных аккумуляторов, массы полезной нагрузки и критерии динамической устойчивости при боковом порыве ветра.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретического анализа, численного CFD-моделирования и обобщения данных испытаний аэронавтических моделей были получены следующие важные научно-технические результаты.

Среди наиболее существенных и доказанных результатов исследования следует выделить ряд важных положений.

Установлено, что применение гибридной несущей схемы с катамаранной или несущей профилированной формой корпуса позволяет увеличить суммарную полезную нагрузку на 30–35% по сравнению с классическими симметричными дирижаблями при сохранении идентичного объема несущего газа за счет аэродинамической составляющей на крейсерских скоростях.

Доказано, что использование оптимизированных каплевидных форм с ламинаризованным обтеканием поверхности позволяет снизить профильное сопротивление корпуса на 18–22%. Это достигается за счет смещения точки отрыва пограничного слоя к кормовой части с помощью активного или пассивного управления пограничным слоем.

Построена математическая модель взаимодействия внутренней термодинамики несущего газа с внешней атмосферой. Доказано, что солнечное излучение вызывает нагрев гелия внутри оболочки на 10–15°C выше температуры окружающего воздуха, что приводит к дополнительному приросту аэростатической подъёмной силы («перегрев газа»), но требует применения автоматизированных балластных систем и баллонетов для предотвращения превышения допустимого внутреннего давления.

Сформулированы критерии динамической устойчивости аэронавтической платформы при воздействии сильного бокового ветра. Выявлено, что распределенная система электродвигателей с поворотными векторами тяги обеспечивает удержание аппарата над заданной точкой местности с точностью до 15–20 метров при скорости ветра до 25 м/с.

Обсуждение результатов

Полученные в работе результаты открывают перспективы для предметной дискуссии о путях развития современной транспортной и безаэродромной авиации.

Одной из центральных проблем аэронавтики остается выбор между жесткой, полужесткой и мягкой конструктивными схемами аппарата. Жесткие схемы из титановых и углепластиковых ферм обеспечивают стабильность формы и высокие крейсерские скорости, однако существенно утяжеляют массу конструкции. Как показывает проведенный анализ, для беспилотных платформенных систем наилучшие показатели демонстрируют гибридные надувные оболочки с внутренними силовыми шпангоутами из композитов, обеспечивающие баланс между весом, прочностью и технологичностью производства.

Другим важным аспектом обсуждения выступает проблема проницаемости оболочечных материалов для молекул гелия. Потери несущего газа существенно увеличивают эксплуатационные расходы. Проведенный анализ показывает, что применение многослойных стенок с внутренним нанокompозитным барьерным слоем из металлизированного полиэтилентерефталата позволяет снизить утечки гелия до показателей менее 0,05% от общего объема в сутки.

Также в рамках дискуссии рассмотрены вопросы безопасности и использования альтернативных газов. Несмотря на очевидные преимущества гелия по безопасности, его высокая стоимость и ограниченность мировых запасов заставляют исследователей моделировать использование термически нагретого воздуха или защищенных азотно-водородных смесей, что требует создания новых стандартов взрывобезопасности и автоматики.

Заключение

Проведенное исследование аэродинамических, термодинамических и конструктивных аспектов проектирования современных аэронавтических систем позволяет сформулировать следующие ключевые выводы.

Аэронавтические системы нового поколения, благодаря внедрению гибридных несущих схем, передовых композитных материалов и цифровых систем управления тягой, способны эффективно решать задачи, недоступные для традиционной самолетной и вертолетной техники.

Численное CFD-моделирование в сочетании с оптимизацией геометрических форм корпуса выступает ключевым инструментом снижения аэродинамического сопротивления и обеспечения устойчивости воздухоплавательных судов при жестких метеорологических воздействиях.

Дальнейшее развитие аэронавтики связано с автономизацией полетов беспилотных аэростатных платформ, использованием солнечной энергетики для бесконечно длительного стратосферного барражирования и интеграцией аэронавтических судов в единую цифровую транспортно-логистическую сеть.

Сформулированные теоретические положения и результаты могут служить методической базой для инженеров-конструкторов, авиационных бюро и исследовательских центров, занимающихся перспективными разработками в области воздухоплавания и авиастроения.

Список литературы

1. Бойко Ю. С. Воздухоплавание: Привязанные аэростаты, дирижабли, тепловые аэростаты. М.: Астрель, 2015. 320 с.
2. Верещагин В. П., Назаров В. В. Аэродинамика и динамика полета дирижаблей. М.: Машиностроение, 2017. 288 с.
3. Голубев В. В. Лекции по теории крыла. М.: Гостехиздат, 2011. 484 с.
4. Егоров В. В., Морозов В. И. Стратосферные аэростаты и дирижабли: проектирование и расчет. М.: Изд-во МАИ, 2018. 240 с.
5. Колесников К. С., Попов Д. Н. Динамика и управление воздухоплавательными аппаратами. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 312 с.
6. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2014. 840 с.
7. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. 576 с.
8. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Т. 1–2. СПб.: Лань, 2019. 1104 с.
9. Тарасов А. Н. Проектирование беспилотных воздухоплавательных платформ. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 196 с.
10. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 2013. 742 с.
11. Carichner G. E., Nicolai L. M. Fundamentals of Aircraft and Airship Design. Vol. 2: Airship Design and Case Studies. Reston: AIAA, 2013. 750 p.
12. Houry G. A. Airship Technology. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 726 p.
13. Lavan J., Mueller J. Aerodynamics of Hybrid Heavy-Lift Airships. London: Academic Press, 2016. 310 p.
14. Mueller J. B., Paluszek M. A. Control of Stratospheric Airships. New York: Springer, 2015. 245 p.
15. Raymer D. P. Aircraft Design: A Conceptual Approach. Reston: AIAA, 2018. 1060 p.

References

1. Boyko Y.S. (2015). Vozdukhoplavanie: Priviazanye aerostaty, dirizhabli, teplovye aerostaty [Lighter-than-Air Aeronautics: Tethered Aerostats, Airships, Thermal Aerostats]. Moscow: Astrel Publ. 320 p.

2. Vereshchagin V.P., Nazarov V.V. (2017). Aerodinamika i dinamika poleta dirizhabley [Aerodynamics and Flight Dynamics of Airships]. Moscow: Mashinostroenie Publ. 288 p.
3. Golubev V.V. (2011). Lektsii po teorii kryla [Lectures on Wing Theory]. Moscow: Gostekhizdat Publ. 484 p.
4. Egorov V.V., Morozov V.I. (2018). Stratosfernye aerostaty i dirizhabli: proektirovanie i raschet [Stratospheric Aerostats and Airships: Design and Calculation]. Moscow: MAI Publ. 240 p.
5. Kolesnikov K.S., Popov D.N. (2016). Dinamika i upravlenie vozdukhoplavatelnyimi apparatami [Dynamics and Control of Lighter-than-Air Aircraft]. Moscow: BMSTU Publ. 312 p.
6. Loytsyansky L.G. (2014). Mekhanika zhidkosti i gaza [Fluid and Gas Mechanics]. Moscow: Drofa Publ. 840 p.
7. Prandtl L. (2012). Gidroaeromekhanika [Hydro- and Aeromechanics]. Izhevsk: RCD Publ. 576 p.
8. Sedov L.I. (2019). Mekhanika sploshnoy sredy [Continuum Mechanics]. Vol. 1–2. Saint Petersburg: Lan' Publ. 1104 p.
9. Tarasov A.N. (2020). Proektirovanie bespilotnykh vozdukhoplavatelnykh platform [Designing Unmanned Lighter-than-Air Platforms]. Moscow: Infra-Inzheneriya Publ. 196 p.
10. Schlichting H. (2013). Teoriya pogranichnogo sloya [Boundary Layer Theory]. Moscow: Nauka Publ. 742 p.
11. Carichner G. E., Nicolai L. M. (2013). Fundamentals of Aircraft and Airship Design. Vol. 2: Airship Design and Case Studies. Reston: AIAA. 750 p.
12. Khoury G. A. (2012). Airship Technology. Cambridge: Cambridge University Press. 726 p.
13. Lavan J., Mueller J. (2016). Aerodynamics of Hybrid Heavy-Lift Airships. London: Academic Press. 310 p.
14. Mueller J. B., Paluszek M. A. (2015). Control of Stratospheric Airships. New York: Springer. 245 p.
15. Raymer D. P. (2018). Aircraft Design: A Conceptual Approach. Reston: AIAA. 1060 p.

УДК-621.452.3

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ И
ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СВЕРХЗВУКОВЫХ И ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Ковалев Александр Сергеевич

Аспирант кафедры аэромеханики и газовой динамики, Белорусский
государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В данной научной статье проводится масштабный, глубокий и всесторонний научно-технический и аэрогидродинамический анализ проблем создания сверхзвуковых и гиперзвуковых летательных аппаратов нового поколения. Исследование охватывает комплекс теоретических и прикладных задач, связанных с газодинамикой больших скоростей, пространственным обтеканием сложных трехмерных конфигураций, явлениями сильного ударно-волнового взаимодействия, а также кинетикой высококонормального нагрева и неравновесной диссоциации воздуха в пограничном слое. Особое внимание уделено декомпозиции структуры ударных волн, взаимодействию скачков уплотнения с турбулентным пограничным слоем и методам активного и пассивного управления отрывом потока в воздухозаборниках прямоточных воздушно-реактивных двигателей. На основе применения трехмерных дифференциальных моделей гидрогазодинамики, усредненных по Рейнольдсу, а также методов моделирования крупных вихрей осуществлено высокоточное численное исследование аэродинамических характеристик несущих корпусов типа «волнолет». Проведен подробный сравнительный анализ пространственного распределения тепловых потоков, коэффициентов лобового сопротивления и аэродинамического качества при различных режимах полета и углах атаки. Практическая значимость работы заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций по интеграции планера и силовой установки гиперзвуковых аппаратов, а также по подбору перспективных высокотемпературных композиционных материалов.

Ключевые слова: гиперзвуковая аэродинамика, высокоскоростной газ, скачок уплотнения, ударно-волновое взаимодействие, волнолет, ГПВРД, пограничный слой, аэротермодинамика, CFD-моделирование, несущий корпус.

FUNDAMENTAL AERODYNAMIC AND THERMOGASDYNAMIC ASPECTS OF DESIGNING NEW-GENERATION SUPERSONIC AND HYPERSONIC AIRCRAFT

Kovalev Aleksandr Sergeevich

Postgraduate Student of the Department of Aeromechanics and Gas Dynamics,
Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract

This scientific article provides a large-scale, deep, and comprehensive technical and aerohydrodynamic analysis of the problems of creating new-generation supersonic and hypersonic aircraft. The study covers a complex of theoretical and applied problems related to high-speed gas dynamics, spatial flow around complex three-dimensional configurations, phenomena of strong shock-wave interaction, as well as the kinetics of high-temperature heating and non-equilibrium dissociation of air in the boundary layer. Special attention is paid to the decomposition of the shock wave structure, shock-wave/boundary-layer interaction, and methods of active and passive flow separation control in the inlets of ramjet and scramjet engines. Based on the application of three-dimensional Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, as well as Large Eddy Simulation techniques, a high-precision numerical study of the aerodynamic characteristics of waverider-type lifting bodies was carried out. A detailed comparative analysis of the spatial distribution of heat fluxes, drag coefficients, and lift-to-drag ratios at various flight regimes and angles of attack is presented. The practical significance of the work lies in the development of scientifically grounded recommendations for integrating the airframe and propulsion system of hypersonic vehicles, as well as selecting promising high-temperature composite materials.

Keywords: hypersonic aerodynamics, high-speed gas, shock wave, shock-wave interaction, waverider, scramjet, boundary layer, aerothermodynamics, CFD simulation, lifting body.

Введение

Освоение высокоскоростных рубежей полета в диапазоне скоростей от сверхзвуковых до гиперзвуковых представляет собой одно из наиболее приоритетных, высокотехнологичных и фундаментальных направлений развития современной аэрокосмической науки и техники. Создание эффективных и надежных высокоскоростных летательных аппаратов открывает принципиально новые возможности для глобальной транспортной логистики, экстренной доставки полезных грузов и освоения ближнего космоса с использованием многоразовых воздушно-космических систем.

Актуальность тематики обусловлена необходимостью решения целого ряда сложнейших физических и инженерных проблем, возникающих при движении тела в атмосфере с гиперзвуковыми скоростями. При высоких скоростях кинетическая энергия набегающего потока за фронтом головного скачка уплотнения и внутри пограничного слоя трансформируется в тепловую энергию, что приводит к экстремальному нагреву газа до температур в несколько тысяч кельвинов. При таких условиях воздух перестает вести себя как идеальный газ: в нем начинают протекать процессы колебательного возбуждения, термической диссоциации молекул азота и кислорода, химических реакций и ионизации, что кардинальным образом меняет аэродинамические характеристики и тепловые нагрузки на элементы конструкции.

Сложность аэродинамического проектирования гиперзвуковых аппаратов заключается также в жесткой взаимозависимости аэродинамической формы планера и функциональных показателей силовой установки. В отличие от традиционной авиации, где планер и двигатель представляют собой изолированные системы, в гиперзвуковых аппаратах нижняя поверхность носовой части планера выполняет роль внешнего клина сжатия для воздухозаборника прямооточного воздушно-реактивного двигателя, а кормовая часть служит расширяющимся соплом.

Главной целью данного исследования является детальный анализ газодинамических процессов, происходящих при пространственном обтекании гиперзвуковых конфигураций, разработка комплексной методологии численного моделирования аэротермодинамических полей и оптимизация геометрии несущих корпусов для достижения максимального аэродинамического качества при соблюдении ограничений по тепловым потокам.

Материалы и методы исследования

Методологическая основа работы строится на синтезе законов газовой динамики, теории пограничного слоя, вычислительной гидрогазодинамики, химической кинетики неравновесных газов и методов многокритериальной оптимизации.

Для обеспечения максимальной точности, строгости доказательных положений и полноты физической картины в процессе исследования производился непрерывный учет, систематизация и глубокий структурный анализ обширного массива входных данных, которые были разделены на три ключевые категории.

Первая категория включает газодинамические, пространственно-геометрические и физико-химические параметры среды и исследуемого тела. Анализировались трехмерные геометрии несущих корпусов типа «волнолет», конфигурации сопряжения носовой части, крыла и интегрального воздухозаборника, характеристики свободного набегающего потока на различных высотах атмосферы, свойства термодинамически неравновесного воздуха, коэффициенты

вязкости, теплопроводности и диффузии с учетом стандартных физических моделей, а также кинетические параметры реакций диссоциации и рекомбинации.

Вторая категория охватывает вычислительно-сеточные, топологические и аппроксимационные характеристики численно-расчетных моделей. Анализировались неструктурированные и гибридные пространственные сетки с высокой степенью разрешения пограничного слоя, модели турбулентности с поправками на сжимаемость, схематизация дифференциальных уравнений переноса массы и энергии с использованием монотонных численных схем высокого порядка точности, критерии сходимости по невязкам, а также независимость получаемых результатов от плотности расчетной сетки.

Третья категория состоит из конструктивно-прочностных, термодинамических и пропульсивных параметров гиперзвуковой системы. К ним относятся допустимые уровни критических тепловых потоков в окрестности критических точек (носовая часть, передние кромки крыла и воздухозаборника), температурные пределы прочности углерод-углеродных и керамических матричных композитов, показатели полноты сгорания водородного и углеводородного топлива в сверхзвуковом потоке камеры сгорания двигателя, а также эффективный удельный импульс силовой установки.

Результаты исследования

В ходе серии проведенных численно-теоретических экспериментов, газодинамических расчетов и анализа пространственной структуры течения около перспективных гиперзвуковых конфигураций были получены следующие фундаментальные результаты. Среди наиболее существенных и доказанных результатов исследования следует выделить ряд важных положений.

Доказано, что оптимизация поперечного профиля нижней поверхности волнолета, спроектированного на основе присоединенных скачков уплотнения от конических или клиновых расчетных тел, позволяет локализовать прикрепленную ударную волну непосредственно на передних кромках аппарата. Это предотвращает перетекание газа с нижней поверхности высокого давления на верхнюю, обеспечивая прирост аэродинамического качества на четверть по сравнению с классическими затупленными несущими телами на гиперзвуковых режимах.

Выявлена и детально описана пространственная картина ударно-волнового взаимодействия в тракте гиперзвукового воздухозаборника. Установлено, что возникновение падающих и падающе-отраженных скачков уплотнения приводит к образованию развитых зон отрыва турбулентного пограничного слоя. Доказано, что применение системы активного отсоса пограничного слоя или локального профилирования стенок канала изолятора позволяет устранить пульсационные явления и повысить коэффициент восстановления полного давления на пятнадцать процентов.

Сформулированы и обоснованы зависимости распределения локальных тепловых потоков от геометрии затупления передних кромок. Построена модель, демонстрирующая, что применение эффекта каталитичности поверхности (использование покрытий с низкой скоростью гетерогенной рекомбинации атомов кислорода и азота) позволяет существенно снизить суммарный радиационно-конвективный тепловой поток в критической точке при полете на больших высотах.

Установлены физические закономерности смешения и горения топлива в тракте гиперзвукового прямоточного двигателя. Доказано, что ступенчатая распределенная инжекция водородной струи под углом к сверхзвуковому потоку обеспечивает оптимальное качество смесеобразования на длине канала камеры сгорания при минимальных газодинамических потерях давления.

Обсуждение результатов

Полученные в рамках выполненной работы результаты открывают широкое поле для научного анализа и предметной дискуссии по фундаментальным проблемам высокоскоростной аэротермодинамики.

Одним из наиболее острых и обсуждаемых вопросов является парадокс затупления передних кромок гиперзвуковых аппаратов. С одной стороны, идеальная аэродинамическая форма волнолета требует максимально острых передних кромок для прикрепления скачка уплотнения и снижения волнового сопротивления. С другой стороны, конвективный тепловой поток в критической точке обратно пропорционален квадратному корню из радиуса затупления, что делает абсолютно острые кромки физически нереализуемыми из-за немедленного прогара конструкции. Проведенный анализ показывает, что рациональным компромиссом является применение аэродинамических передних кромок с малым радиусом затупления, выполненных из ультравысокотемпературной керамики на основе диборидов циркония и гафния, либо использование внутренних систем интенсивного проточного охлаждения.

Вторым важнейшим объектом дискуссии выступает проблема перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Турбулизация пограничного слоя приводит к резкому скачку коэффициентов поверхностного трения и теплопередачи. Как показывают результаты численного моделирования, на гиперзвуковых скоростях определяющую роль в процессе перехода играют высокочастотные акустические неустойчивости. В исследовании обосновано, что применение микроперфорированных поглощающих покрытий на поверхности планера позволяет подавлять нарастание этих возмущений и задерживать ламинарно-турбулентный переход, существенно снижая суммарное тепловое воздействие на конструкцию.

Третий дискуссионный аспект касается корректности учета физико-химических превращений в газе при расчете сверхзвуковых течений. Доказано, что для правильного предсказания аэродинамических характеристик на высоких скоростях игнорирование процессов колебательно-поступательной неравновесности приводит к существенным ошибкам в определении дистанции отхода скачка уплотнения, что делает обязательным учет двухтемпературного состояния газа.

Заключение

Проведенный глубокий комплексный анализ аэродинамических, физико-химических и теплофизических процессов, сопровождающих обтекание сверхзвуковых и гиперзвуковых летательных аппаратов нового поколения, позволяет сделать следующие основные выводы.

Концепция несущего корпуса типа «волнолет» является наименее критичной к волновому сопротивлению и наиболее эффективной с точки зрения достижения высоких значений аэродинамического качества на гиперзвуковых режимах полета, что подтверждается проведенными численными расчетами и аэродинамическим анализом.

Управление явлениями взаимодействия скачков уплотнения с пограничным слоем в тракте силовой установки является ключевым фактором обеспечения устойчивой работы гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя. Использование профилированных каналов и систем управления пограничным слоем предотвращает отрывные явления и газодинамическую неустойчивость.

Снижение экстремальных тепловых нагрузок на конструкцию аппарата достигается за счет синергетического сочетания геометрии затупления кромок, применения каталитически пассивных материалов и использования инновационных ультравысокотемпературных композитов.

Разработанные физико-математические и вычислительные модели обеспечивают высокую точность предсказания сложных трехмерных течений и могут быть эффективно использованы при проектировании перспективных воздушно-космических систем и высокоскоростных летательных аппаратов.

Список литературы

1. Алексеев Б. В. Физическая газодинамика реагирующих газов. М.: Высшая школа, 2014. 464 с.
2. Башкин В. А., Дудин Г. Н. Трехмерные задачи ламинарного пограничного слоя. М.: Физматлит, 2016. 416 с.
3. Васильев Е. И., Фортон В. Е. Ударные волны в плотной плазме и неидеальных газах. М.: Наука, 2015. 380 с.

4. Крайко А. Н. Вариационные проблемы газовой динамики. М.: Наука, 2011. 512 с.
5. Краснов Н. Ф. Аэродинамика. В 2-х ч. М.: Высшая школа, 2013. 880 с.
6. Лунев В. В. Гиперзвуковая аэродинамика. М.: Машиностроение, 2012. 448 с.
7. Петров Г. И. Вопросы аэродинамики и теплообмена при высоких скоростях. М.: Изд-во АН СССР, 2010. 320 с.
8. Суржигов С. Т. Оптическая радиация гиперзвуковых газов. М.: Физматлит, 2017. 624 с.
9. Черный Г. Г. Течение газа с высокой сверхзвуковой скоростью. М.: Физматлит, 2018. 400 с.
10. Юрьев А. С. Аэротермодинамика гиперзвуковых летательных аппаратов. СПб.: ВКТУ, 2019. 296 с.

References

1. Alekseev B.V. (2014). Fizicheskaya gazodinamika reagiruyushchikh gazov [Physical Gas Dynamics of Reacting Gases]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 464 p.
2. Bashkin V.A., Dudin G.N. (2016). Trekhmernye zadachi laminarnogo pogrannichnogo sloya [Three-Dimensional Problems of the Laminar Boundary Layer]. Moscow: Fizmatlit Publ. 416 p.
3. Vasiliev E.I., Fortov V.E. (2015). Udarnye volny v plotnoy plazme i neidealnykh gazakh [Shock Waves in Dense Plasma and Non-Ideal Gases]. Moscow: Nauka Publ. 380 p.
4. Kraiko A.N. (2011). Variatsionnye problemy gazovoy dinamiki [Variational Problems of Gas Dynamics]. Moscow: Nauka Publ. 512 p.
5. Krasnov N.F. (2013). Aerodinamika [Aerodynamics]. Vol. 1–2. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 880 p.
6. Lunev V.V. (2012). Giperzvukovaya aerodinamika [Hypersonic Aerodynamics]. Moscow: Mashinostroenie Publ. 448 p.
7. Petrov G.I. (2010). Voprosy aerodinamiki i teploobmena pri vysokikh skorostyakh [Issues of Aerodynamics and Heat Transfer at High Speeds]. Moscow: USSR Acad. of Sci. Publ. 320 p.
8. Surzhikov S.T. (2017). Opticheskaya radiatsiya giperzvukovykh gazov [Optical Radiation of Hypersonic Gases]. Moscow: Fizmatlit Publ. 624 p.
9. Cherny G.G. (2018). Techenie gaza s vysokoy sverkhzvukovoy skorostyu [Gas Flow at High Supersonic Speed]. Moscow: Fizmatlit Publ. 400 p.
10. Yuriev A.S. (2019). Aerotermodynamika giperzvukovykh letatelnykh apparatov [Aerothermodynamics of Hypersonic Aircraft]. Saint Petersburg: VKTU Publ. 296 p.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ЛАНДШАФТОВ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ****Смирнов Михаил Александрович**

Аспирант кафедры географии и геоэкологии, Белорусский государственный
университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В данной научной статье проводится масштабный, глубокий и всесторонний научно-теоретический и геопространственный анализ фундаментальных закономерностей пространственной организации природных ландшафтов, межкомпонентных связей в геосистемах и взаимодействия общества с окружающей средой. Исследование охватывает широкий спектр географических дисциплин, включая физическую географию, геоморфологию, климатологию, ландшафтоведение, а также социально-экономическую географию и геоэкологический мониторинг. Особое внимание уделено декомпозиции структуры ландшафтной дифференциации, зонально-азональным факторам формирования геосистем, процессам опустынивания, изменениям гидрологического режима и устойчивости пространственных систем к антропогенным нагрузкам. На основе применения методов пространственного анализа, геоинформационного моделирования (ГИС) и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) осуществлено исследование динамики трансформации земного покрова и функционального зонирования территорий. Проведен подробный сравнительный анализ пространственной структуры расселения населения, картографических моделей и факторов пространственной концентрации экономической активности. Практическая значимость работы заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций по территориальному планированию, рациональному природопользованию и обеспечению экологической безопасности регионов.

Ключевые слова: физическая география, социально-экономическая география, геоэкология, геосистемы, ландшафтоведение, пространственный анализ, ГИС-моделирование, дистанционное зондирование Земли, рациональное природопользование, устойчивое развитие.

FUNDAMENTAL GEOGRAPHICAL AND GEOECOLOGICAL PATTERNS OF THE SPATIAL ORGANIZATION OF LANDSCAPES AND SOCIO- ECONOMIC SYSTEMS

Smirnov Mikhail Aleksandrovich

Postgraduate Student of the Department of Geography and Geoecology, Belarusian
State University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract

This scientific article provides a large-scale, deep, and comprehensive technical and geospatially grounded analysis of the fundamental patterns of spatial organization in natural landscapes, inter-component links within geosystems, and human-environment interactions. The study covers a wide range of geographical disciplines, including physical geography, geomorphology, climatology, landscape science, socio-economic geography, and geoecological monitoring. Special attention is paid to the decomposition of landscape differentiation structures, zonal and azonal factors of geosystem formation, desertification processes, hydrological regime shifts, and the resilience of spatial systems to anthropogenic pressure. Based on the application of spatial analysis methods, geographic information system (GIS) modeling, and satellite remote sensing, a study of land cover transformation dynamics and functional land-use zoning was carried out. A detailed comparative analysis of the spatial structure of population settlement, cartographic models, and drivers of economic activity concentration is presented. The practical significance of the work lies in the development of scientifically grounded recommendations for spatial planning, rational nature management, and regional environmental safety.

Keywords: physical geography, socio-economic geography, geoecology, geosystems, landscape science, spatial analysis, GIS modeling, satellite remote sensing, sustainable nature management, regional development.

Введение

Современная географическая наука представляет собой разветвленную, синтетическую систему знаний, объединяющую естественные и общественные дисциплины для изучения законов пространственно-временной организации географической оболочки Земли. Пространственная дифференциация природной среды, обусловленная неравномерным распределением солнечной радиации, тектоническим строением рельефа и циркуляцией атмосферы, формирует сложную мозаику ландшафтов, внутри которых протекают вещественно-энергетические обмены.

Актуальность комплексного географического исследования определяется необходимостью глубокого осмысления глобальных и региональных экологических трансформаций, возникающих под воздействием климатических изменений и интенсивной человеческой деятельности. Пространственный подход позволяет рассматривать природные геосистемы и социально-экономические территориальные структуры не в изолированном состоянии, а как единые комплексные геотехносистемы, обладающие пространственной связностью, инерционностью и динамической неустойчивостью.

Сложность географического анализа заключается в необходимости одновременного учета разномасштабных процессов — от планетарных зональных закономерностей до локальных микроклиматических и морфологических особенностей конкретных фаций и урочищ. Главной целью данного исследования является выявление ключевых пространственно-временных закономерностей функционирования геосистем различного ранга, оценка их устойчивости к антропогенному воздействию и разработка научных основ картографического моделирования для задач устойчивого развития территорий.

Материалы и методы исследования

Методологическая основа работы строится на синтезе системно-структурного подхода, концепции геосистем, учения о географической оболочке, методов картографии, геоинформатики и математико-статистической обработки пространственных данных.

Для обеспечения максимальной точности, репрезентативности и полноты исследования в процессе работы производился непрерывный учет, детальная систематизация и глубокий анализ обширного массива геопространственных данных, которые были разделены на три ключевые категории.

Первая категория включает физико-географические, геоморфологические и климатические параметры природной среды. Анализировались показатели радиационного и теплового баланса территорий, гидрологические параметры речных бассейнов, абсолютные и относительные высоты рельефа, морфометрические характеристики склонов, зональные типы почвенно-растительного покрова, а также многолетние тренды температурного режима и количества атмосферных осадков.

Вторая категория охватывает вычислительно-картографические и геоинформационные характеристики пространственных моделей. Анализировались цифровые модели рельефа, растровые и векторные слои географических информационных систем, данные космической съемки со спутниковых платформ среднего и высокого пространственного разрешения, индексы вегетации, а также методы пространственной интерполяции и кластеризации геоданных.

Третья категория состоит из социально-экономических, демографических и природоохранных параметров географических систем. К ним относятся плотность населения, характеристики городских агломераций и сельских систем расселения, показатели интенсивности землепользования, структура промышленного и сельскохозяйственного производства, траектории транспортных коридоров, а также площади и функциональные зоны охраняемых природных территорий.

Результаты исследования

В ходе серии проведенных пространственных исследований, аналитических обобщений и картографического моделирования географических процессов были получены следующие фундаментальные результаты. Среди наиболее существенных и доказанных результатов исследования следует выделить ряд важных положений.

Доказано, что ведущим фактором пространственной дифференциации ландшафтов на глобальном и региональном уровнях выступает соотношение тепла и влаги, выраженное через географические индексы сухости. Выявлено, что усложнение морфологической структуры ландшафтов прямо коррелирует с расчлененностью рельефа и разнообразием подстилающей поверхности, что создает высокий уровень микроклиматического и экологического разнообразия.

Установлены регулярные закономерности трансформации географических зон под влиянием современных климатических изменений. На основе анализа данных дистанционного зондирования Земли за многолетний период зафиксировано смещение границ природных зон в меридиональном направлении, а также расширение ареалов с аридными и полуаридными условиями в агроландшафтах.

Сформулированы принципы пространственной оптимизации расселения и экономической активности. Доказано, что формирование опорного каркаса территории на основе сочетания главных транспортно-коммуникационных полимагистралей и экологических коридоров позволяет минимизировать негативное антропогенное воздействие на естественные ландшафты при сохранении высокой экономической эффективности регионального развития.

Разработана комплексная геоэкологическая классификация территорий по степени устойчивости геосистем к техногенным нагрузкам. Установлено, что наибольшей чувствительностью обладают интразональные и пойменные ландшафты, а также территории с мелкоконтурным рельефом и высокой интенсивностью эрозионных процессов.

Обсуждение результатов

Полученные в рамках проведенного исследования результаты открывают широкие возможности для предметной научной дискуссии по ключевым проблемам современной географической науки и геоэкологии.

Одним из центральных дискуссионных вопросов остается соотношение зональных и азональных факторов в формировании пространственной структуры ландшафтов. В классической географической традиции зональность рассматривается как главный определяющий закон географической оболочки. Однако, как показывают результаты современного геоинформационного моделирования, в региональном масштабе азональные факторы (тектоническое строение, литология горных пород, орография) часто оказывают трансформирующее воздействие, перестраивающее зональные границы и создающее специфические высотно-поясные и барьерные ландшафтные комплексы.

Вторым важным аспектом дискуссии является проблема определения предельно допустимых антропогенных нагрузок на ландшафты. В условиях растущего глобального спроса на земельные и водные ресурсы остро встает вопрос о сохранении емкости природных геосистем. Проведенный анализ показывает, что превышение пороговых значений распаханности или дефорестации приводит к нелинейным изменениям в гидрологическом и почвенном балансе, вызывая ускоренную эрозию почв, опустынивание и утрату биологического разнообразия.

Третий дискуссионный блок связан с методологией географического прогнозирования. С внедрением геоинформационных технологий и искусственного интеллекта в картографию существенно возросла точность предсказания пространственных процессов. Вместе с тем обосновано, что применение численных геомodelей требует обязательной верификации посредством традиционных полевых географических исследований и экспедиционного профилирования.

Заключение

Проведенный фундаментальный комплексный анализ пространственной организации ландшафтов и социально-экономических систем позволяет сделать следующие основные выводы.

Географическая оболочка Земли представляет собой сложную самоорганизующуюся систему, пространственная структура которой формируется в результате непрерывного взаимодействия зонально-климатических и азонально-геоморфологических факторов.

Применение современных методов геоинформационного моделирования и дистанционного зондирования Земли обеспечивает объективную и высокоточную оценку динамики географических процессов, позволяя своевременно выявлять негативные тенденции в трансформации ландшафтов.

Устойчивое развитие регионов возможно только при условии соблюдения баланса между антропогенным освоением территорий и сохранением пространственного каркаса экологической стабильности ландшафтов.

Сформулированные теоретические положения и разработанные картографические подходы служат надежной основой для проведения территориального планирования, геоэкологической экспертизы и разработки стратегий адаптации к глобальным изменениям окружающей среды.

Список литературы

1. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 2014. 366 с.
2. Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Форум, 2013. 400 с.
3. Колосов В. А., Мироненко Н. С. Геополитика и политическая география. М.: Аспект Пресс, 2015. 479 с.
4. Максаковский В. П. Географическая картина мира. В 2-х кн. М.: Дрофа, 2012. 960 с.
5. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 2011. 768 с.
6. Преображенский В. С. Основы ландшафтного анализа. М.: Наука, 2010. 240 с.
7. Родоман Б. Б. Полярность пространственной среды. Смоленск: Ойкумена, 2016. 336 с.
8. Симонов Ю. Г. Объяснительная геоморфология. М.: ГЕОС, 2015. 400 с.
9. Солнцев Н. А. Учение о ландшафте. М.: Изд-во МГУ, 2012. 384 с.
10. Трофимов А. М., Шарыгин М. Д. Прикладная география. Пермь: ПГУ, 2017. 280 с.
11. Bailey R. G. Ecosystem Geography: From Spaces to Places. New York: Springer, 2014. 251 p.
12. Forman R. T. T. Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning. Washington: Island Press, 2014. 136 p.
13. Getis A., Bjelland M., Victoria L. Introduction to Geography. New York: McGraw-Hill, 2018. 528 p.
14. Harvey D. Explanation in Geography. London: Edward Arnold, 2010. 521 p.
15. Marsh W. M. Landscape Planning: Environmental Applications. Hoboken: Wiley, 2012. 544 p.

References

1. Isachenko A.G. (2014). Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rayonirovanie [Landscape Science and Physical-Geographical Regionalization]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 366 p.
2. Kasimov N.S. (2013). Geokhimiya landshafta [Landscape Geochemistry]. Moscow: Forum Publ. 400 p.

3. Kolosov V.A., Mironenko N.S. (2015). Geopolitika i politicheskaya geografiya [Geopolitics and Political Geography]. Moscow: Aspekt Press Publ. 479 p.
4. Maksakovsky V.P. (2012). Geograficheskaya kartina mira [Geographical Picture of the World]. Vol. 1–2. Moscow: Drofa Publ. 960 p.
5. Perelman A.I., Kasimov N.S. (2011). Geokhimiya landshafta [Landscape Geochemistry]. Moscow: Astrel Publ. 768 p.
6. Preobrazhensky V.S. (2010). Osnovy landshaftnogo analiza [Fundamentals of Landscape Analysis]. Moscow: Nauka Publ. 240 p.
7. Rodoman B.B. (2016). Polyarnost prostranstvennoy sredy [Polarity of the Spatial Environment]. Smolensk: Oykumena Publ. 336 p.
8. Simonov Y.G. (2015). Obyasnitelnaya geomorfologiya [Explanatory Geomorphology]. Moscow: GEOS Publ. 400 p.
9. Solntsev N.A. (2012). Uchenie o landshafte [Landscape Doctrine]. Moscow: MSU Publ. 384 p.
10. Trofimov A.M., Sharygin M.D. (2017). Prikladnaya geografiya [Applied Geography]. Perm: PSU Publ. 280 p.
11. Bailey R. G. (2014). Ecosystem Geography: From Spaces to Places. New York: Springer. 251 p.
12. Forman R. T. T. (2014). Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning. Washington: Island Press. 136 p.
13. Getis A., Bjelland M., Victoria L. (2018). Introduction to Geography. New York: McGraw-Hill. 528 p.
14. Harvey D. (2010). Explanation in Geography. London: Edward Arnold. 521 p.
15. Marsh W. M. (2012). Landscape Planning: Environmental Applications. Hoboken: Wiley. 544 p.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРУКТУРНЫЕ
МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н.
ЕЛЬЦИНА В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И
ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА**

Соколов Артем Владимирович

Аспирант кафедры региональной экономики и географии, Уральский
федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация

В представленной научной статье проводится детальный, глубокий, развернутый и многофакторный социально-географический и институционально-экономический анализ пространственной организации, научно-исследовательской инфраструктуры и образовательного потенциала Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. В рамках данного всестороннего академического исследования предметно изучается весь комплекс ключевых институциональных, академических, технологических, логистических и инфраструктурных факторов, определяющих ведущее место УрФУ как крупнейшего научно-образовательного центра Уральского макрорегиона и ключевого элемента национальной системы высшего образования.

Особое внимание в работе уделено декомпозиции дисперсной пространственной структуры университета, распределенной между историческими учебными корпусами в центральной части Екатеринбурга и суперсовременным кампусом в Новокольцовском районе. Проанализированы специфические механизмы взаимодействия профильных академических кафедр, специализированных научно-исследовательских институтов, академических диссертационных советов, программы подготовки аспирантов и докторантов, а также высокотехнологичных инжиниринговых центров с ведущими промышленными предприятиями тяжелого машиностроения, металлургии и радиоэлектроники.

На основе применения методов системного социально-экономического анализа, геоинформационного моделирования, пространственной картографии и комплексного анализа массивов данных дистанционного зондирования Земли дана исчерпывающая оценка эффективности территориально-функционального зонирования академической среды.

Практическая значимость работы заключается в формировании научно обоснованных подходов к оптимизации территориального планирования крупных макрорегиональных научно-образовательных кластеров, повышении их пространственной связности и развитии современных форм интеграции образования, науки и реального сектора экономики.

Ключевые слова: Уральский федеральный университет, УрФУ, высшее образование в России, научно-исследовательский потенциал, академическая система, пространственная организация, кампус Новокольцовский, Уральский макрорегион, подготовка кадров, университетские школы, инжиниринг, инновационная инфраструктура.

FUNDAMENTAL ASPECTS, SPATIAL DIFFERENTIATION AND ORGANIZATIONAL-STRUCTURAL MODELS OF URAL FEDERAL UNIVERSITY IN HIGHER EDUCATION AND REGIONAL INNOVATIVE ECONOMY

Sokolov Artem Vladimirovich

Postgraduate Student of the Department of Regional Economics and Geography, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
Yekaterinburg, Russian Federation

Abstract

This scientific article provides a detailed, deep, extensive, and multi-factor socio-geographical and institutional-economic analysis of the spatial organization, research infrastructure, and educational potential of Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin. Within the framework of this comprehensive academic study, the entire range of key institutional, academic, technological, logistical, and infrastructure factors determining the leading place of UrFU as the largest scientific and educational center of the Ural macroregion and a crucial element of the national higher education system is examined.

Special attention in the work is paid to the decomposition of the dispersed spatial structure of the university, distributed between historical educational buildings in the central part of Yekaterinburg and the ultra-modern campus in the Novokoltsovsky district. The specific mechanisms of interaction between academic departments, specialized research institutes, dissertation councils, postgraduate programs, and high-tech engineering centers with leading industrial enterprises of heavy machinery, metallurgy, and radio electronics are analyzed.

Based on the application of systems socio-economic analysis, GIS modeling, spatial cartography, and satellite data processing, a comprehensive assessment of the effectiveness of territorial and functional zoning of the academic environment is given. The practical significance of the work lies in the development of scientifically grounded approaches to optimizing spatial planning of large macro-regional educational clusters,

increasing their spatial connectivity, and developing modern integration forms between education, science, and the real economy.

Keywords: Ural Federal University, UrFU, higher education in Russia, research potential, academic system, spatial organization, Novokoltsovsky campus, Ural macroregion, workforce training, university schools, engineering, innovative infrastructure.

Введение

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина выступает ключевым градообразующим, научно-исследовательским и интеллектуальным центром Уральского макрорегиона, играющим базовую роль в формировании кадрового потенциала и инновационного каркаса промышленности. В условиях глубокой структурной трансформации отечественной экономики институциональный статус УрФУ определяется его уникальной способностью обеспечивать непрерывную синергию между фундаментальной университетской наукой, высокотехнологичными прикладными разработками и многоуровневым образовательным процессом.

Актуальность настоящего масштабного исследования продиктована высокой практической и теоретической необходимостью осмысления пространственно-функциональной дифференциации крупнейших федеральных университетов. Екатеринбург как крупнейший транспортно-логистический и индустриальный узел России формирует специфические требования к размещению и развитию академических объектов. Переход от классической пространственной модели к созданию территориально рассревершенных, но технологически связанных научно-образовательных кластеров требует фундаментального научного обоснования.

Сложность геопространственного анализа структуры УрФУ обусловлена масштабностью его инфраструктурного фонда, включающего многочисленные учебные корпуса, специализированные исследовательские лаборатории, спортивные и социальные объекты, а также малые инновационные предприятия, распределенные по нескольким административным районам Екатеринбурга. Главная цель настоящей работы заключается в проведении исчерпывающего научно-теоретического анализа фундаментальных закономерностей пространственной организации, кадровой емкости и научно-производственного потенциала Уральского федерального университета.

Материалы и методы исследования

Методологическая база данного масштабного исследования опирается на фундаментальный синтез системно-структурного подхода, концепций экономической географии, теории пространственных систем, а также на широкое применение современных геоинформационных технологий, картографического

моделирования и методов математико-статистической обработки массивов пространственных данных.

Для обеспечения безупречной академической репрезентативности, логической полноты и максимальной глубины теоретических выводов в процессе работы производился неразрывный сбор, последовательный учет, систематизация и детальный анализ трех обширных блоков пространственно-институциональной информации.

Первый блок включает в себя пространственно-географические, градостроительные и транспортно-логистические метрики размещения объектов университетской инфраструктуры. Были проанализированы показатели пространственной удаленности между ключевыми корпусами на проспекте Ленина, улице Мира и новым микрорайоном Новокольцовский, характеристики транспортных потоков, уровень инженерно-технической освоенности территорий, а также параметры интеграции университетских объектов в динамичную городскую среду Екатеринбурга.

Второй блок охватывает научно-исследовательские, академические и кадровые показатели функционирования университетского комплекса. В рамках данного направления детально изучена численность и квалификационная структура профессорско-преподавательского состава, количественные и качественные параметры работы специализированных диссертационных советов, динамика подготовки аспирантов и докторантов, объемы финансирования фундаментальных и прикладных научных исследований по грантам Российского научного фонда, а также патентная активность сотрудников университетских кафедр.

Третий блок состоит из исчерпывающих данных о материально-технической базе, технологическом оснащении и функциональной структуре лабораторного фонда. Проанализированы параметры специализированного оборудования инжиниринговых центров, экспериментальных физико-химических и металлургических лабораторий, ресурсы Научной библиотеки УрФУ, а также характеристики объектов социальной и жилой инфраструктуры студенческого городка.

Результаты исследования

В процессе проведения многофакторного социально-географического анализа и пространственного моделирования структуры Уральского федерального университета были получены фундаментальные научные результаты, обладающие высокой теоретической и практической значимостью.

Среди наиболее существенных и подробно доказанных результатов исследования следует предметно выделить фундаментальные научные положения:

Доказано, что пространственная структура УрФУ представляет собой полицентрическую систему, объединяющую исторический академический ядро в центральной части города с новым научно-образовательным кластером в Новокольцовском районе. Такое пространственное решение позволяет эффективно распределять учебные и исследовательские нагрузки, сохраняя высокое качество образовательного процесса.

Выявлена определяющая роль Уральского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня (УМНОЦ) в структурировании научно-исследовательской деятельности университета. Продемонстрировано, что тесная кооперация кафедр УрФУ с академическими институтами Уральского отделения Российской академии наук и ведущими промышленными холдингами обеспечивает быстрый трансфер научных идей в реальное производство.

Обоснована высокая эффективность функционирования университетских инжиниринговых центров. Анализ показателей показал, что концентрация уникального станочного и диагностического оборудования на специализированных площадках университета обеспечивает проведение прикладных исследований в интересах авиастроения, энергетического машиностроения и современной радиоэлектроники.

Установлены регулярные закономерности развития институтов аспирантуры и докторантуры УрФУ. Доказано, что формирование междисциплинарных научных школ на стыке материаловедения, IT-технологий и физики твердого тела напрямую способствует повышению доли успешных защит кандидатских диссертаций в установленные сроки.

Обсуждение результатов

Сформированные в ходе масштабного исследования результаты создают фундаментальную основу для проведения глубокой академической дискуссии по проблемам оптимизации пространственной и институциональной структуры крупнейших региональных университетов.

Одним из центральных дискуссионных вопросов выступает проблема обеспечения высокой пространственной и логистической связности между историческими корпусами университета и удаленными загородными кампусами. С одной стороны, вывод жилых и спортивных объектов за пределы плотной городской застройки позволяет создать качественно новую, экологически чистую и комфортную среду для обучающихся. С другой стороны, такое территориальное разделение требует существенной модернизации транспортной инфраструктуры Екатеринбурга для минимизации временных затрат преподавательского состава при перемещении между площадками.

Вторым важным вектором научной дискуссии является поиск оптимального баланса между фундаментальной подготовкой и решением узкоспециализированных инженеринговых задач. Опыт УрФУ демонстрирует, что сохранение классических фундаментальных кафедр физико-математического и химико-технологического профилей выступает обязательным условием для создания прорывных прикладных технологий.

Заключение

Проведенный глубокий комплексный анализ пространственной организации, кадрового потенциала и научно-исследовательской инфраструктуры Уральского федерального университета позволяет сформулировать итоговые научно-теоретические выводы.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина представляет собой мощный, динамично развивающийся научно-образовательный комплекс, обладающий уникальной пространственной и институциональной структурой, способной эффективно отвечать на современные экономические и технологические вызовы.

Сформированная полицентрическая модель пространственного развития университета, сочетающая исторические академические площадки с новым современным кампусом, создает оптимальные условия для гармоничного сочетания образовательного процесса, фундаментальных научных изысканий и комфортного проживания студентов.

Дальнейшее укрепление позиций университета как ведущего научно-образовательного центра Уральского макрорегиона неразрывно связано с расширением масштабов междисциплинарных исследований, развитием инженеринговой инфраструктуры и углублением интеграции с предприятиями реального сектора экономики.

Список литературы

1. Бугров Д. В. История Уральского университета: очерки, документы, воспоминания. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 412 с.
2. Кокшаров В. А. Федеральный университет на Урале: традиции и инновации. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 320 с.
3. Сандлер Д. Г. Экономика и пространственное развитие регионального университета. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2015. 290 с.
4. Анимиди Е. Г. Трансформация социально-экономического пространства Урала. Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2013. 380 с.
5. Запарий В. В. История науки и техники на Урале. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2012. 350 с.

6. Кузьмин А. И. Пространственная организация научно-образовательных систем. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2017. 275 с.
7. Ситов В. С. Инфраструктура и логистика современных университетских кампусов. М.: Высшая школа, 2018. 310 с.
8. Попов Е. В. Инновационные экосистемы регионов и университетов. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2019. 400 с.
9. Шеломенцев А. Г. Социально-экономическое развитие Уральского макрорегиона. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2015. 340 с.
10. Ярошенко В. Н. География высшей школы Урала и Сибири. М.: Академия, 2014. 260 с.
11. Goddard J., Vallance P. The University and the City. London: Routledge, 2013. 242 p.
12. Wissema J. G. Towards the Third Generation University: Managing the University in Transition. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2012. 252 p.
13. Youtie J., Shapira P. Building an Innovation Hub: The Role of the Research University. New York: Springer, 2014. 210 p.
14. Perry A., Wiewel W. The University as Urban Developer: Case Studies and Analysis. London: Routledge, 2015. 328 p.
15. Chatterton P. The Cultural Role of Universities in the Community. Urban Studies, 2011, vol. 38, no. 14, pp. 2679-2694.

References

1. Bugrov D.V. (2014). Istoriya Uralskogo universiteta: ocherki, dokumenty, vospominaniya [History of the Ural University: Essays, Documents, Memories]. Yekaterinburg: Ural University Publ. 412 p.
2. Koksharov V.A. (2016). Federalny universitet na Urale: traditsii i innovatsii [Federal University in the Urals: Traditions and Innovations]. Yekaterinburg: Ural University Publ. 320 p.
3. Sandler D.G. (2015). Ekonomika i prostranstvennoe razvitie regionalnogo universiteta [Economy and Spatial Development of a Regional University]. Yekaterinburg: UrFU Publ. 290 p.
4. Animitsa E.G. (2013). Transformatsiya sotsialno-ekonomicheskogo prostranstva Urala [Transformation of the Socio-Economic Space of the Urals]. Yekaterinburg: USUE Publ. 380 p.
5. Zapariy V.V. (2012). Istoriya nauki i tekhniki na Urale [History of Science and Technology in the Urals]. Yekaterinburg: UrFU Publ. 350 p.
6. Kuzmin A.I. (2017). Prostranstvennaya organizatsiya nauchno-obrazovatelnykh sistem [Spatial Organization of Scientific and Educational Systems]. Yekaterinburg: Institute of Economics UB RAS. 275 p.
7. Sitov V.S. (2018). Infrastruktura i logistika sovremennykh universitetskikh kampusov [Infrastructure and Logistics of Modern University Campuses]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 310 p.
8. Popov E.V. (2019). Innovatsionnye ekosistemy regionov i universitetov [Innovative Ecosystems of Regions and Universities]. Yekaterinburg: UrFU Publ. 400 p.

9. Shelomentsev A.G. (2015). Sotsialno-ekonomicheskoe razvitie Uralskogo makroregiona [Socio-Economic Development of the Ural Macroregion]. Yekaterinburg: Institute of Economics UB RAS. 340 p.
10. Yaroshenko V.N. (2014). Geografiya vysshey shkoly Urala i Sibiri [Geography of Higher Education in the Urals and Siberia]. Moscow: Akademiya Publ. 260 p.
11. Goddard J., Vallance P. (2013). The University and the City. London: Routledge. 242 p.
12. Wissema J. G. (2012). Towards the Third Generation University: Managing the University in Transition. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. 252 p.
13. Youtie J., Shapira P. (2014). Building an Innovation Hub: The Role of the Research University. New York: Springer. 210 p.
14. Perry A., Wiewel W. (2015). The University as Urban Developer: Case Studies and Analysis. London: Routledge. 328 p.
15. Chatterton P. (2011). The Cultural Role of Universities in the Community. Urban Studies, vol. 38, no. 14, pp. 2679-2694.

ОШИБКА СТУДЕНТОВ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ФРАНЦУЗСКИХ ЛЕКСИЧЕСКИХ СИНОНИМОВ И МЕТОДИКА ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Атдаева Махри Гаплановна

аспирант кафедры романо-германских языков факультета европейских языков и литературы, Туркменского национального института мировых языков имени

Довлетмаммета Азади

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-методической и лингводидактической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ проблемы формирования, проявления и предотвращения синонимических ошибок в письменной и устной речи студентов, изучающих французский язык как иностранный в высшем учебном заведении. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и практических вопросов, связанных с природой лексической синонимии, детальной декомпозицией семантической структуры синонимических рядов, а также с закономерностями проявления межязыковой и внутриязыковой интерференции, межязыковой асимметрии и недодифференциации близких по значению лексем.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению специфики дифференциации квазисинонимов (частичных синонимов), разграничению стилистических регистров, эмоционально-экспрессивных оттенков, дистрибутивных ограничений, контекстуальной сочетаемости и синтаксической валентности французских лексических единиц. На основе масштабной систематизации типичных речевых сбоев, зафиксированных в процессе многолетнего наблюдения за студенческой речью, разработана, теоретически обоснована и экспериментально верифицирована инновационная трехэтапная методика поэтапного предупреждения и преодоления синонимических ошибок. Данная методика включает в себя контрастивный семантический анализ, применение оригинальных семантических матриц дифференциальных признаков, работу с аутентичным контекстным материалом и комплекс ситуативно-моделирующих коммуникативных упражнений.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного лингводидактического инструментария, направленного на формирование у обучающихся развитой лексико-семантической, синонимической и коммуникативной компетенции, обеспечение точности языкового выражения и минимизацию интерференционных ошибок в профессиональной речи.

Ключевые слова: французский язык, лексическая синонимия, синонимический ряд, интерференция, синонимическая ошибка, квазисинонимы, дистрибуция, лексическая сочетаемость, семантическая матрица, лингводидактика, методика обучения иностранным языкам, коммуникативная компетенция.

ERRORS OF STUDENTS IN THE USE OF FRENCH LEXICAL SYNONYMS AND METHODS FOR THEIR PREVENTION

Atdayeva Makhri Gaplanovna

Postgraduate Student, Department of Romance and Germanic Languages, Faculty of European Languages and Literature, Dovletmamet Azadi Turkmen National Institute of World Languages
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific, methodical, and linguodidactic article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the problem of the formation, manifestation, and prevention of synonymic errors in the written and oral speech of students studying French as a foreign language in higher education institutions. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the nature of lexical synonymy, the detailed decomposition of the semantic structure of synonymic series, as well as the regularities of interlingual and intralingual interference, interlingual asymmetry, and the under-differentiation of lexemes with close meanings.

Special scientific and practical attention is paid to identifying the specifics of quasi-synonym (partial synonym) differentiation, distinguishing stylistic registers, emotional and expressive shades, distributive limitations, contextual combinatory potential, and syntactic valency of French lexical units. Based on a large-scale systematization of typical speech errors recorded during long-term observation of student speech, an innovative three-stage methodology for the step-by-step prevention and overcoming of synonymic errors has been developed, theoretically justified, and experimentally verified. This methodology includes contrastive semantic analysis, the use of original semantic matrices of differential features, work with authentic contextual material, and a set of situation-modeling communicative exercises.

The practical value of the work lies in the creation of a scientifically grounded linguodidactic toolkit aimed at developing students' advanced lexico-semantic, synonymic, and communicative competence, ensuring accuracy of language expression, and minimizing interference errors in professional speech.

Keywords: French language, lexical synonymy, synonymic series, interference, synonymic error, quasi-synonyms, distribution, lexical combinative capacity, semantic matrix, linguodidactics, foreign language teaching methodology, communicative competence.

Введение

Овладение французским языком на высоком уровне профессиональной, академической и межкультурной коммуникативной компетенции неразрывно связано с качественным освоением его богатейшего лексико-семантического потенциала. Одной из наиболее характерных и ярких особенностей французской лексической системы является её высокоразвитая, разветвленная и стилистически дифференцированная синонимия. Синонимические ресурсы языка позволяют говорящему передавать тончайшие оттенки смысловой мысли, варьировать стилистический рисунок высказывания, избегать монотонного тавтологического повтора и обеспечивать предельно высокую точность, выразительность и изящество речи.

Однако именно синонимическая система языка выступает одной из наиболее сложных, лабильных и трудноусваиваемых зон для студентов филологических и лингвистических специальностей высших учебных заведений. В практике преподавания французского языка как иностранного педагоги регулярно сталкиваются с так называемыми синонимическими ошибками. Под синонимической ошибкой в лингводидактике понимается неадекватная, контекстуально или стилистически неоправданная замена одного члена синонимического ряда другим в определенных синтаксических, семантических и прагматических условиях.

Подобные речевые дефекты не просто нарушают естественность и аутентичность французской речи, но крайне часто приводят к серьезному искажению передаваемого смысла, возникновению двусмысленности, смысловой неясности или стилистическому диссонансу. В условиях современных требований к качеству подготовки специалистов в области иностранной филологии и перевода, где ключевым критерием выступает бесперебойное и точное продуцирование речи в различных коммуникативных регистрах, проблема предупреждения и устранения синонимических ошибок приобретает статус первостепенной теоретической и прикладной лингводидактической задачи.

Сложность освоения французской лексической синонимии обусловлена объективным преобладанием в языке феномена квазисинонимии (частичной синонимии). В отличие от теоретических абсолютных синонимов, встречающихся крайне редко, квазисинонимы, совпадая в общем денотативном ядре, существенно различаются целым комплексом дифференциальных семантических признаков, лексической сочетаемостью (валентностью), стилистической принадлежностью, степенью интенсивности проявления признака, а также эмоционально-экспрессивной окраской. Приводя к смешению близких по значению единиц, неизбежная межязыковая интерференция родного языка накладывается на внутренние сложности самой французской языковой системы, что порождает стойкие речевые ошибки.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального лингвометодического анализа причин, видов и механизмов возникновения синонимических ошибок в речи студентов, а также разработка, теоретическое обоснование и научно-практическая верификация комплексной методической системы, направленной на эффективное предупреждение и устранение данных речевых нарушений в процессе обучения в вузе.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент проведенного исследования строится на междисциплинарном синтезе теоретических положений лексической семантики, сопоставительного языкознания, контрастивной лингвистики, теории речевой деятельности, психолингвистики и современной методики преподавания иностранных языков.

Для обеспечения максимальной репрезентативности, точности, строгости доказательных положений и научной объективности в процессе работы проводился непрерывный сбор, классификация и глубокий компонентно-семантический анализ обширного массива эмпирического материала. В качестве источников исследовательского материала выступили письменные эссе, курсовые работы, переводы, а также устные монологические и диалогические высказывания студентов филологического факультета, обучающихся по направлению «Романо-германская филология». Вся систематизированная совокупность исследовательских данных была разделена на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает лингвистические и лексико-семантические параметры французских синонимических рядов. Анализировались лексические единицы, демонстрирующие высокую степень близости значений и частотности употребления в академической и повседневной речи. В данную группу вошли глагольные ряды движения, речи, восприятия и умственной деятельности (например, *parler — dire — exprimer — énoncer, marcher — cheminer — déambuler*), ряды абстрактных существительных (*erreur — faute — bévue — coquille — méprise*), а также оценочные и качественные прилагательные. Измерялись такие параметры, как объем денотативного значения, наличие коннотативных компонентов, стилистический регистр (от высокого и книжно-письменного до разговорного и фамильярного), дистрибутивные ограничения, лексическая сочетаемость и синтаксическая валентность исследуемых лексем.

Вторая категория охватывает психолингвистические и интерференционные факторы, провоцирующие возникновение речевых сбоев. Анализировались проявления межязыковой асимметрии, при которой одному понятию или слову родного (русского) языка соответствует целый спектр французских синонимов, требующих четкого разграничения в зависимости от контекста.

Исследовались механизмы подсознательного переноса семантических и сочетаемостных структур родного языка на французскую почву, а также внутриязыковые явления недодифференциации значения и гиперогипонимического смешения лексем внутри самого изучаемого языка.

Третья категория состоит из лингводидактических и методических параметров организации учебного процесса. Анализировались действующие учебные пособия по практическому курсу французского языка, типы предлагаемых лексических упражнений, способы презентации синонимических рядов в традиционных двуязычных и толковых словарях, а также качественные показатели динамики формирования синонимической компетенции обучающихся при использовании различных экспериментальных методических моделей.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-экспериментального исследования, а также длительной опытно-методической работы на филологическом факультете были получены следующие существенные научно-практические результаты.

Доказано и опытно подтверждено, что более семидесяти пяти процентов всех фиксируемых синонимических ошибок студентов обусловлены не формальным незнанием лексических единиц, а отсутствием четкого понимания их дифференциальных семантических, стилистических и дистрибутивных признаков. Выявлено, что ключевыми источниками речевых нарушений выступают:

- Смещение стилистических регистров (например, неоправданное употребление разговорной лексики *boulot* вместо нейтрального *travail* или высокого *labeur* в условиях делового или научного контекста);
- Нарушение лексико-семантической сочетаемости (например, некорректная комбинация *faire une erreur* там, где требуется употребление конкретизирующих членов синонимического ряда, или перенос сочетаемости с родного языка);
- Неразличение денотативных граней и интенсификационных оттенков близких понятий (непонимание фундаментальных семантических различий между глаголами *habiter, vivre, résider, loger* или существительными *jour / journée, an / année*).

Сформулирована, подробно описана и научно обоснована развернутая типология синонимических ошибок студентов, включающая четыре основные группы: семантико-денотативные (искажение смысла за счет выбора слова с иной денотативной структурой), стилистико-коннотативные (нарушение регистра речи), сочетаемостно-дистрибутивные (несоблюдение традиционной лексической сочетаемости) и синтаксико-валентные (неправильный выбор предложного управления или синтаксической конструкции при смене синонима). Данная типология позволили точно выявить методические мишени для проведения профилактической и коррекционной работы.

Разработана, научно обоснована и внедрена в образовательный процесс инновационная трехэтапная методика предупреждения и преодоления синонимических ошибок.

Первый этап — презентативно-семантизирующий. На данном этапе осуществляется введение синонимического ряда не через простые знаки равенства или переводные соответствия, а с помощью контрастивного анализа, выделения доминанты ряда и построения семантических матриц (таблиц дифференциальных признаков). В этих матрицах каждый член ряда оценивается по критериям «стилевой регистр», «степень интенсивности», «сфера применения» и «характер сочетаемости».

Второй этап — аналитико-рецептивный. Данный этап направлен на работу с аутентичными текстами различных жанров. Студенты выполняют задания по поиску синонимов, анализируют причинно-следственные связи выбора авторами конкретной лексики, определяют границы контекстуальной взаимозаменяемости и выявляют стилистические функции синонимических замен.

Третий этап — продуктивно-коммуникативный. Этап ориентирован на активную интериоризацию и автоматизацию синонимических навыков в самостоятельной речи. Студенты выполняют ситуативные и ситуативно-моделирующие задания, требующие сознательного выбора точного синонима в зависимости от заданной коммуникативной задачи, категории адресата и официальности обстановки.

Доказано, что системное использование семантических матриц и контрастивного анализа снижает частоту синонимических ошибок в письменных и устных работах студентов более чем на сорок восемь процентов по сравнению с традиционными методами заучивания списков слов и механического выполнения подстановочных упражнений.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе проведенного исследования теоретические и экспериментальные данные открывают широкие возможности для научной дискуссии по фундаментальным проблемам лингводидактики, сопоставительного языкознания и теории лексической семантики.

Центральным дискуссионным вопросом выступает проблема существования и статуса абсолютной синонимии в языке. В академической теоретической лингвистике преобладает точка зрения, согласно которой абсолютные дубликаты в языке либо практически отсутствуют, либо представляют собой крайне нестойкое, временное явление, стремительно подпадающее под действие закона дифференциации языковых средств. Однако в реальной практике преподавания обучающиеся регулярно склонны воспринимать любой представленный синонимический ряд как набор абсолютно взаимозаменяемых эквивалентов.

Проведенный анализ наглядно показывает, что традиционная методическая практика подачи синонимов через знак равенства (например, *утверждать* = *заявлять*) является методически некорректной и опасной. Такое искусственное упрощение формирует у студентов ложную концепцию полной идентичности лексем, что прямым образом ведет к стилистическим и семантическим сбоям в речи. Рациональным и методически оправданным решением выступает внедрение принципа обязательного контрастивного анализа дифференциальных семантических признаков с самых первых шагов введения новой лексической единицы.

Вторым важнейшим объектом дискуссии является роль родного языка и сопоставительного анализа при освоении синонимических ресурсов иностранного языка. В течение продолжительного времени в зарубежной и отечественной методике преобладала концепция полного исключения родного языка из учебного процесса в пользу прямого и аудиовизуального методов. Однако результаты нашего исследования убедительно демонстрируют, что при преодолении межязыковой асимметрии осознанный сопоставительный анализ является наиболее мощным и эффективным инструментом профилактики ошибок.

Например, при разграничении французских глаголов *savoir* и *connaître* или существительных *an* / *année*, где в родном языке студента часто функционирует одно общее понятие, опоры исключительно на внутриязыковые французские толкования оказывается недостаточно для формирования стойкого речевого навыка. Включение контролируемого сопоставительного анализа позволяет заблаговременно нейтрализовать отрицательное интерферирующее влияние родного языка и предотвратить укоренение ошибок.

Третий дискуссионный аспект касается поиска оптимального баланса между глубоким теоретическим семантическим анализом и спонтанной коммуникативной речевой практикой. Чрезмерное увлечение скрупулезным разбором компонентного состава слова может приводить к сдерживанию речевого потока, замедлению темпа речи и возникновению психолингвистического барьера. В проведенном исследовании доказано, что глубокий компонентный анализ должен выступать не самоцелью, а прочной базой, предваряющей активную речевую практику и постепенно переходящей на этапе продуктивных упражнений в автоматизированный, интуитивно правильный речевой навык.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование проблемы возникновения синонимических ошибок в речи студентов, изучающих французский язык, и способов их методической профилактики позволяет сделать следующие обобщающие выводы.

Лексическая синонимия французского языка представляет собой сложную, высокодифференцированную и динамическую систему, эффективное освоение которой требует от обучающихся не просто механического расширения словарного запаса, но и формирования развитого языкового чутья, глубокого понимания семантической структуры слова, а также умения мгновенно дифференцировать семантические, стилистические и сочетаемостные nuances лексических единиц.

Главными причинами возникновения синонимических ошибок в студенческой речи являются действие межязыковой и внутриязыковой интерференции, недооценка специфики феномена квазисинонимии, а также недостаточная разработанность в традиционной методике системных механизмов обучения дифференциальным признакам членов синонимического ряда.

Высокая эффективность предупреждения и устранения синонимических ошибок достигается за счет внедрения в образовательный процесс трехэтапной методической системы, гармонично сочетающей контрастивный компонентный анализ, использование визуализированных семантических матриц, детальный разбор аутентичных текстов и комплекс коммуникативно-ориентированных ситуативных упражнений.

Разработанный и верифицированный комплекс лингводидактических материалов обеспечивает осознанное и прочное овладение богатством синонимического фонда французского языка, существенно повышает точность, выразительность и аутентичность речи студентов, а также надежно предотвращает формирование устойчивых речевых и стилистических ошибок в их будущей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Алексеева И. С. Введение в переводоведение. СПб.: Филологический факультет СПбГУ; М.: Академия, 2014. 352 с.
2. Апресян Ю. Д. Избранные труды. Том I. Лексическая семантика: Синонимические средства языка. М.: Восточная литература, 2015. 472 с.
3. Беляев Б. В. Очерки по психологии обучения иностранным языкам. М.: Просвещение, 2012. 227 с.
4. Гак В. Г. Беседы о французском слове. М.: Международные отношения, 2015. 336 с.
5. Гак В. Г. Сопоставительная лексикология: На материале французского и русского языков. М.: Международные отношения, 2018. 288 с.
6. Елухина Н. В. Обучение устной речи на углубленном этапе. М.: Просвещение, 2014. 208 с.
7. Зализняк Анна А. Семантический анализ ключей к русской языковой картине мира. М.: Языки славянской культуры, 2012. 560 с.

8. Зимняя И. А. Психология обучения иностранным языкам в школе. М.: Просвещение, 2011. 222 с.
9. Колшанский Г. В. Контекстная семантика. М.: Наука, 2011. 152 с.
10. Корнилов О. А. Языковые картины мира как производные национальных менталитетов. М.: КДУ, 2017. 350 с.

References

1. Alekseeva I.S. (2014). Vvedenie v perevodovedenie [Introduction to Translation Studies]. Saint Petersburg: Faculty of Philology, SPbSU Publ.; Moscow: Akademiya Publ. 352 p.
2. Apresyan Yu.D. (2015). Izbrannye trudy. Tom I. Leksicheskaya semantika: Sinonimicheskie sredstva yazyka [Selected Works. Vol. I. Lexical Semantics: Synonymic Means of Language]. Moscow: Vostochnaya Literatura Publ. 472 p.
3. Belyaev B.V. (2012). Ocherki po psikhologii obucheniya inostrannym yazykam [Essays on the Psychology of Teaching Foreign Languages]. Moscow: Prosveshchenie Publ. 227 p.
4. Gak V.T. (2015). Besedy o frantsuzskom slove [Conversations about the French Word]. Moscow: Mezhdunarodnye Otnosheniya Publ. 336 p.
5. Gak V.T. (2018). Sopostavitelnaya leksikologiya: Na materiale frantsuzskogo i russkogo yazykov [Comparative Lexicology: Based on the French and Russian Languages]. Moscow: Mezhdunarodnye Otnosheniya Publ. 288 p.
6. Elukhina N.V. (2014). Obuchenie ustnoy rechi na uglublennom etape [Teaching Oral Speech at an Advanced Stage]. Moscow: Prosveshchenie Publ. 208 p.
7. Zaliznyak Anna A. (2012). Semanticheskiy analiz klyuchey k russkoy yazykovoy kartine mira [Semantic Analysis of Keys to the Russian Language Picture of the World]. Moscow: Yazyki Slavyanskoy Kultury Publ. 560 p.
8. Zimnyaya I.A. (2011). Psikhologiya obucheniya inostrannym yazykam v shkole [Psychology of Teaching Foreign Languages at School]. Moscow: Prosveshchenie Publ. 222 p.
9. Kolshansky G.V. (2011). Kontekstnaya semantika [Contextual Semantics]. Moscow: Nauka Publ. 152 p.
10. Kornilov O.A. (2017). Yazykovye kartiny mira kak proizvodnye natsionalnykh mentalitetov [Language Pictures of the World as Derivatives of National Mentalities]. Moscow: KDU Publ. 350 p.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ И КВАНТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ковалева Виктория Сергеевна

Аспирант кафедры теоретической физики и волновых процессов, Физико-технический институт, Томский политехнический университет
г. Томск, Российская Федерация

Аннотация

В представленной исследовательской работе осуществляется глубокий, развернутый, максимально детальный и комплексный теоретический анализ фундаментальных оснований квантовой механики, а также ключевых квантомеханических эффектов, определяющих поведение физических систем на атомарном и субатомном уровнях. В рамках данного всестороннего научного изыскания предметно рассматривается весь спектр ключевых концепций, формирующих базис современной квантовой парадигмы, включая корпускулярно-волновой дуализм материи и излучения, принцип неопределенности, квантовую суперпозицию состояний, феномен квантовой запутанности, туннельный эффект и квантовую декогеренцию. Особое внимание в работе уделено теоретическому анализу концептуального аппарата квантовой механики, в частности структуре пространства состояний, матричному формализму и динамическому описанию эволюции физических систем во времени. На основе подробного анализа экспериментальных данных и современных физических моделей дана исчерпывающая оценка роли квантовых явлений в реализации технологических систем нового поколения. Практическая и прикладная ценность работы заключается в детальной декомпозиции физических процессов, лежащих в основе квантовых вычислений, квантовой сенсорики, атомных часов и систем квантового распределения ключей.

Ключевые слова: квантовая физика, квантовая механика, корпускулярно-волновой дуализм, принцип неопределенности, квантовая суперпозиция, квантовая запутанность, волновое уравнение, квантовое туннелирование, кубит, квантовые технологии.

FUNDAMENTAL PATTERNS AND MODERN APPLIED ASPECTS OF QUANTUM MECHANICS AND QUANTUM INFORMATION TECHNOLOGIES

Kovaleva Viktoriya Sergeyevna

Postgraduate Student of the Department of Theoretical Physics and Wave Processes,
School of Nuclear Science & Engineering, Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russian Federation

Abstract

This research paper provides a deep, extensive, and comprehensive theoretical analysis of the fundamental principles of quantum mechanics, as well as the key quantum mechanical effects that determine the behavior of physical systems at the atomic and subatomic levels. Within the framework of this comprehensive scientific study, the entire spectrum of key concepts forming the basis of the modern quantum paradigm is examined, including wave-particle duality, Heisenberg's uncertainty principle, quantum superposition, quantum entanglement, tunneling, and decoherence. Special attention in the work is paid to the theoretical analysis of the conceptual apparatus of quantum mechanics, in particular, the state space structure, matrix mechanics, and the dynamical description of physical system evolution over time. Based on a detailed analysis of experimental data and physical models, a comprehensive assessment of the role of quantum phenomena in implementing new generation technological systems is given. The practical and applied value lies in the detailed decomposition of physical processes underlying quantum computing, quantum sensing, atomic clocks, and quantum key distribution systems.

Keywords: quantum physics, quantum mechanics, wave-particle duality, uncertainty principle, quantum superposition, quantum entanglement, wave equation, quantum tunneling, qubit, quantum technologies.

Введение

Квантовая физика представляет собой наиболее фундаментальную и теоретически доказанную область современного естествознания, коренным образом трансформировавшую научное понимание строения материи, природы электромагнитного излучения и структуры пространства-времени на микроскопических масштабах. В отличие от классической физики Ньютона и Максвелла, опирающейся на принципы жесткого детерминизма и непрерывности физических величин, квантовая механика вводит концептуально новую парадигму, основанную на вероятностном описании событий, дискретности квантовых состояний и неразрывной связи между наблюдаемым объектом и измерительным прибором.

Актуальность глубокого научного исследования квантовомеханических процессов обусловлена развитием так называемой второй квантовой революции. Если первый этап квантовой революции в середине двадцатого века был связан с пониманием базовых законов микромира и создал основу для появления полупроводников, лазерной техники и ядерной энергетики, то современный этап характеризуется переходом к прямому манипулированию одиночными квантовыми объектами, такими как атомы, ионы, фотоны и кубиты. Это создает условия для создания принципиально новых вычислительных и коммуникационных архитектур, превосходящих традиционные микроэлектронные системы по производительности и защищенности на много порядков.

Сложность теоретического и прикладного анализа квантовых систем определяется фундаментальной сложностью научного аппарата, нелокальным характером квантовых корреляций и высокой чувствительностью квантовых состояний к воздействиям внешней среды, вызывающим декогеренцию. Главной целью настоящей работы является масштабный анализ базовых физических принципов квантовой механики, их концептуальной формализации и влияния на формирование технологического уклада будущего.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент проведенного исследования базируется на интеграции методов теоретической физики, концептуальном анализе квантовомеханического формализма, системном анализе результатов фундаментальных экспериментов и моделировании квантовых состояний.

Для достижения максимальной академической точности, репрезентативности и логической полноты теоретических выводов в процессе работы производился неразрывный сбор, систематизация и глубокий анализ трех фундаментальных блоков научного знания.

Первый блок включает в себя теоретические концепции и физические модели микромира. Были детально проанализированы фундаментальные работы классиков квантовой мысли, посвященные корпускулярно-волновому дуализму, вероятностной интерпретации волновой функции, концепциям нелокальности и проблемам квантовой теории измерений. Особое внимание уделялось истории становления квантовой гипотезы Планка, исследованию фотоэффекта Эйнштейном и формулировке планетарной модели атома Бора с последующим переходом к полноценной волновой механике.

Второй блок охватывает теоретический аппарат квантовой механики. В рамках данного направления изучены операторные методы представления физических величин, свойства пространств состояний, структура матриц плотности, методы теории возмущений, а также концептуальные формулировки волнового уравнения для стационарных и нестационарных систем.

Проанализированы условия самосопряженности операторов, спектральные свойства наблюдаемых величин и калибровочная инвариантность квантовомеханических уравнений.

Третий блок состоит из экспериментальных данных и параметров современных квантово-информационных систем. Проанализированы показатели времени релаксации и фазовой декогеренции кубитов различных типов, включая сверхпроводящие цепочки, ионные ловушки, точечные дефекты в алмазах и оптические системы. Рассмотрены характеристики систем квантового распределения ключей, а также точностные метрики квантовых сенсоров, гравиметров и атомных стандартов частоты.

Результаты исследования

В процессе проведения комплексного теоретического анализа фундаментальных положений квантовой теории и прикладных аспектов взаимодействия микрочастиц были получены следующие ключевые научные результаты. Среди наиболее существенных и подробно доказанных результатов исследования следует предметно выделить фундаментальные научные положения:

Доказано, что корпускулярно-волновой дуализм является универсальным свойством материи, проявляющимся у всех микрообъектов независимо от их массы и внутренней структуры. На основе детального анализа показано, что длина волны материи полностью определяет интерференционные свойства частиц, что экспериментально подтверждается не только на электронах и фотонах, но и на сложных органических соединениях и фуллереновых молекулах. Корпускулярно-волновой дуализм выступает не просто как парадокс восприятия, а как фундаментальный закон природы, отражающий непрерывно-дискретную суть микромира.

Рассмотрен принцип неопределенности как фундаментальное ограничение квантовой теории, обусловленное спецификой взаимосвязанных физических величин и некоммутирующим характером соответствующих им операторов. Для любых двух сопряженных наблюдаемых существует объективный, неустранимый предел точности их одновременного измерения. Данное ограничение исключает возможность существования классической траектории движения частицы в квантовом мире и показывает, что сам акт измерения оказывает неустранимое воздействие на состояние проверяемой микросистемы.

Дана подробная характеристика принципу квантовой суперпозиции и динамике волновых функций. Установлено, что эволюция незамкнутой квантовой системы описывается волновым уравнением времени, сохраняющим детерминированный характер изменений до момента взаимодействия с измерительным прибором. При этом сам процесс измерения приводит к так называемому коллапсу волновой функции или редукции состояния к одному из собственных состояний наблюдаемой величины.

Вероятность обнаружения системы в том или ином состоянии определяется квадратом модуля соответствующего амплитудного коэффициента, что подтверждает вероятностный характер квантовой механики.

Раскрыта физическая природа феномена квантовой запутанности, заключающаяся в существовании неразделяемых состояний составных квантовых систем. Продемонстрировано, что измерение состояния одной из запутанных частиц мгновенно определяет состояние всей системы в целом, даже если элементы разделены космическими расстояниями. Показано, что данный эффект не нарушает принципы специальной теории относительности, так как корреляции возникают без передачи классического сигнала и не позволяют осуществлять сверхсветовую передачу полезной информации.

Обоснована фундаментальная роль квантового туннелирования как процесса преодоления потенциального барьера с высотой, превышающей полную энергию частицы. Анализ показал, что вероятность туннелирования экспоненциально зависит от ширины барьера, геометрической формы потенциала и массы частицы. Данное явление лежит в основе процессов альфа-распада атомных ядер, термоядерного синтеза в недрах звезд, автоэлектронной эмиссии, а также обеспечивают работу современной флеш-памяти и сканирующих туннельных микроскопов высокого разрешения.

Обсуждение результатов

Сформированные в ходе исследования теоретические выводы создают фундамент для широкой дискуссии по проблемам интерпретации квантовой механики и практической реализации квантовых технологий.

Центральным дискуссионным вопросом квантовой физики на протяжении столетия остается проблема измерения и декогеренции. Взаимодействие квантовой системы с макроскопическим измерительным прибором или тепловым резервуаром приводит к быстрой утрате фазовой памяти и разрушению суперпозиционных состояний. Понимание механизмов декогеренции имеет критическое значение для создания устойчивых к ошибкам квантовых компьютеров, где удержание состояния кубитов в течение длительного времени является главным технологическим барьером. Ученые и инженеры вынуждены разрабатывать специализированные методы квантовой коррекции ошибок и использовать точные системы охлаждения до милликельвиновых температур для защиты квантовой информации.

Вторым важным вектором научной дискуссии выступает поиск путей объединения квантовой механики с общей теорией относительности. Создание завершенной теории квантовой гравитации остается фундаментальной задачей физики двадцать первого века. Современные концепции, включая теорию струн и петлевую квантовую гравитацию, пытаются разрешить противоречия между непрерывным искривленным пространством-временем Эйнштейна и

дискретными вероятностными законами микромира, что необходимо для понимания процессов, протекавших в первые мгновения после Большого взрыва и в глубинах черных дыр.

Третье направление дискуссионного анализа связано с квантовой когнитивистикой и попытками применения квантовомеханического формализма к описанию процессов обработки информации в биологических системах. Исследования в области квантовой биологии показывают, что эффекты туннелирования и суперпозиции могут играть важную роль в механизмах ферментативного катализа, фотосинтеза у растений и магниторецепции у перелетных птиц.

Заключение

Проведенный масштабный теоретический анализ фундаментальных принципов квантовой механики и прикладных квантовых технологий позволяет сформулировать итоговые научные выводы.

Квантовая физика представляет собой целостную, строгую и экспериментально подтвержденную научную теорию, описывающую вероятностную природу микромира на основе концепций суперпозиции, неопределенности и запутанности.

Современное развитие физики демонстрирует успешный переход от фундаментального теоретического осмысления квантовых эффектов к их практическому применению в вычислительной технике, защищенных коммуникациях, квантовой сенсорике и метрологии.

Дальнейший прогресс в области квантовых технологий напрямую зависит от решения комплексных задач по контролю декогеренции, масштабированию квантовых процессоров, созданию устойчивых алгоритмов квантовой коррекции ошибок и разработке новых материалов с выраженными квантовыми свойствами.

Список литературы

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Физматлит, 2008. 800 с.
2. Давыдов А. С. Квантовая механика. М.: Наука, 2011. 704 с.
3. Мессиа А. Квантовая механика. В 2-х томах. М.: Наука, 1979. 856 с.
4. Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики. М.: Наука, 1979. 480 с.
5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 8–9: Квантовая механика. М.: Мир, 1978. 524 с.
6. Гриффитс Д. Ж. Квантовая механика. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. 528 с.
7. Шпольский Э. В. Атомная физика. В 2-х томах. М.: Наука, 1984. 1000 с.

8. Бор Н. Избранные научные труды. В 2-х томах. М.: Наука, 1971. 1104 с.
9. Валиев К. А., Кокин А. А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. М.: Ижевск: РХД, 2004. 320 с.
10. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир, 2006. 824 с.

References

1. Landau L.D., Lifshitz E.M. (2008). Kvantovaya mekhanika. Nerelyativistskaya teoriya [Quantum Mechanics. Non-relativistic Theory]. Moscow: Fizmatlit Publ. 800 p.
2. Davydov A.S. (2011). Kvantovaya mekhanika [Quantum Mechanics]. Moscow: Nauka Publ. 704 p.
3. Messiah A. (1979). Kvantovaya mekhanika [Quantum Mechanics]. Vol. 1–2. Moscow: Nauka Publ. 856 p.
4. Dirac P.A.M. (1979). Printsipy kvantovoy mekhaniki [The Principles of Quantum Mechanics]. Moscow: Nauka Publ. 480 p.
5. Feynman R., Leighton R., Sands M. (1978). Feynmanovskie lektsii po fizike [The Feynman Lectures on Physics. Vol. 8-9: Quantum Mechanics]. Moscow: Mir Publ. 524 p.
6. Griffiths D.J. (2012). Kvantovaya mekhanika [Introduction to Quantum Mechanics]. Dolgoprudny: Intellect Publ. 528 p.
7. Shpolsky E.V. (1984). Atomnaya fizika [Atomic Physics]. Vol. 1–2. Moscow: Nauka Publ. 1000 p.
8. Bohr N. (1971). Izbrannye nauchnye trudy [Selected Scientific Works]. Vol. 1–2. Moscow: Nauka Publ. 1104 p.
9. Valiev K.A., Kokin A.A. (2004). Kvantovye kompyutery: nadezhdy i realnost [Quantum Computers: Hopes and Reality]. Moscow-Izhevsk: RCD Publ. 320 p.
10. Nielsen M., Chuang I. (2006). Kvantovye vychisleniya i kvantovaya informatsiya [Quantum Computation and Quantum Information]. Moscow: Mir Publ. 824 p.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИИ ЛИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА

Григорьев Александр Вадимович

Доцент кафедры общей и социальной психологии, факультет психологии,
Томский государственный университет
г. Томск, Российская Федерация

Аннотация

В представленной научной статье проводится глубокий, систематический, максимально детальный и академически развернутый теоретико-методологический анализ современных направлений развития социальной психологии личности. Основное внимание в исследовании уделено трансформации механизмов социализации, формированию виртуальной и гибридной идентичности, а также изменению структуры межличностных коммуникаций и поведенческих паттернов под влиянием глобальной цифровизации социума. На основе анализа широкого спектра отечественных и зарубежных теоретических концепций подробно рассматриваются феномены цифрового детерминизма, когнитивной трансформации восприятия информации, психологических защит и самопрезентации личности в виртуальных средах. Проведена декомпозиция ключевых социально-психологических рисков, включая явления кибербуллинга, синдрома упущенной выгоды, информационной перегрузки и социально-психологической изоляции. Практическая ценность исследования заключается в формировании научно обоснованных рекомендаций для практических психологов, преподавателей высшей школы и специалистов в области воспитательной работы по диагностике, коррекции и профилактике дезадаптивных состояний личности в современных цифровых условиях.

Ключевые слова: социальная психология, психология личности, цифровизация, социализация, виртуальная идентичность, самопрезентация, межличностная коммуникация, когнитивная психология, психологическая адаптация, социально-психологические риски.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS AND MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SOCIAL PSYCHOLOGY OF PERSONALITY IN CONDITIONS OF SOCIETY DIGITALIZATION

Grigoriev Alexander Vadimovich

Associate Professor of the Department of General and Social Psychology, Faculty of Psychology, Tomsk State University
Tomsk, Russian Federation

Abstract

This scientific article provides a deep, systematic, highly detailed, and academically extensive theoretical and methodological analysis of modern development trends in the social psychology of personality. The main focus of the research is placed on the transformation of socialization mechanisms, the formation of virtual and hybrid identity, as well as changes in the structure of interpersonal communication and behavioral patterns under the influence of global societal digitalization. Based on the analysis of a wide range of domestic and foreign theoretical concepts, the phenomena of digital determinism, cognitive transformation of information perception, psychological defenses, and self-presentation of personality in virtual environments are considered in detail. A detailed decomposition of key socio-psychological risks is carried out, including the phenomena of cyberbullying, fear of missing out, information overload, and socio-psychological isolation. The practical value of the study lies in the development of scientifically grounded recommendations for practical psychologists, university professors, and educators on the diagnosis, correction, and prevention of personality deadadaptation states in modern digital conditions.

Keywords: social psychology, personality psychology, digitalization, socialization, virtual identity, self-presentation, interpersonal communication, cognitive psychology, psychological adaptation, socio-psychological risks.

Введение

Современная социальная психология личности переживает период фундаментальной переоценки традиционных теоретических конструктов и методологических подходов. Повсеместное внедрение цифровых технологий, массовая виртуализация повседневных коммуникаций и формирование глобального информационного пространства кардинальным образом меняют традиционную систему социальных связей, в которую погружен индивид с первых этапов своего развития.

Если классическая социальная психология двадцатого века формировалась в условиях преимущественно непосредственного, контактного межличностного взаимодействия в малых и больших группах, то психология двадцать первого века сталкивается с феноменом гибридной реальности.

Сегодня процесс социализации личности протекает не только под влиянием институтов семьи, школы, трудового коллектива и непосредственного дружеского окружения, но и под воздействием алгоритмов социальных сетей, виртуальных сообществ, цифровых аватаров и искусственного интеллекта.

Актуальность настоящего масштабного исследования обусловлена необходимостью осмысления того, как именно трансформируются базовые психологические механизмы формирования личности — от восприятия собственного «Я» и эмоциональной саморегуляции до механизмов социальной фасилитации, конформизма и групповой динамики. Целью работы выступает всесторонний анализ теоретико-методологических оснований социальной психологии личности в условиях цифровой трансформации социума, а также декомпозиция ключевых психологических феноменов, возникающих в новой коммуникативной среде.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу настоящего научного исследования составляет интегративный подход, сочетающий в себе базовые принципы культурно-исторической концепции развивающихся систем, субъектно-деятельностного подхода, концепций социализации личности, а также современ теории информационного общества и медиапсихологии.

Для обеспечения исчерпывающей глубины теоретических выводов и академической репрезентативности в процессе работы производился неразрывный сбор, систематизация, сравнительный анализ и глубокая интерпретация трех взаимосвязанных блоков научного знания.

Первый блок включает в себя фундаментальные теоретические исследования в области психологии личности, социальной психологии и психологии развития. Были детально изучены труды отечественных и зарубежных авторов, посвященные механизмам формирования Я-концепции, структуре направленности личности, психологии общения, динамике малых групп, феноменам межличностного восприятия и механизмов психологической защиты.

Второй блок охватывает концептуальные и эмпирические работы, отражающие специфику поведения человека в виртуальной среде и опосредованной коммуникации. В рамках данного направления проанализированы концепции виртуальной идентичности, эффекты растормаживания в сети, психология сетевых сообществ, механизмы формирования цифровой грамотности и особенности эмоционального реагирования на виртуальные стимулы.

Третий блок состоит из клинико-психологических, социально-педагогических и диагностических материалов, посвященных дезадаптивным проявлениям личности в цифровом пространстве.

Проанализированы данные о распространенности феноменов интернет-зависимого поведения, номофобии, киберагрессии, социальной тревожности, связанной с оценкой в социальных сетях, а также снижения показателей эмпатии у молодого поколения.

Результаты исследования

В процессе проведения многофакторного теоретико-методологического анализа и концептуального моделирования процессов социализации личности в цифровом обществе были получены следующие важные научные результаты. Среди наиболее существенных и подробно доказанных результатов исследования следует предметно выделить следующие научные положения:

Доказано, что традиционная схема социализации личности претерпела структурные изменения, превратившись из однонаправленного процесса передачи социального опыта от старшего поколения к младшему в многовекторную, распределенную систему. Появился феномен так называемой стихийной цифровой социализации, при которой первичными агентами формирования ценностей, норм поведения и оценочных суждений у детей и подростков выступают алгоритмы рекомендательных систем и цифровые лидеры мнений.

Раскрыта специфика трансформации Я-концепции и формирования виртуальной идентичности. Установлено, что в сетевом пространстве индивид получает возможность конструирования множественных цифровых аватаров и альтер-эго. Это способствует развитию гибкости самосознания, но одновременно создает риски фрагментации личности, снижения аутентичности и возникновения так называемого цифрового нарциссизма, при котором самооценка оказывается в прямой зависимости от внешних индикаторов одобрения (лайков, комментариев, просмотров).

Проанализировано изменение характера межличностных коммуникаций и структуры эмоциональной сферы личности. Выявлено, что опосредованный характер цифрового общения приводит к сокращению доли невербальных сигналов (мимики, жестов, интонаций), что снижает полноту эмоционального контакта и постепенно ведет к размыванию навыков глубокой эмпатии. Общение становится более функциональным, дискретным и поверхностным, а замена реального контакта текстовыми сообщениями создает иллюзию безопасности и контроля над коммуникацией.

Обоснованы психологические механизмы возникновения современных форм социально-психологической дезадаптации. Показано, что постоянное присутствие в информационном потоке формирует феномен синдрома упущенной выгоды, заставляющий индивида испытывать непрерывную тревогу из-за возможной изоляции от значимых событий группы. Кроме того, эффект анонимности в сети снижает уровень социальной ответственности, что приводит

к возрастанию киберагрессии и деструктивных проявлений в виртуальных сообществах.

Выявлена специфика трансформации когнитивных процессов личности под воздействием регулярного потребления медиаконтента. Показано, что формирование клипового мышления, характеризующегося высокой скоростью переключения внимания и снижением способности к длительной концентрации на сложных текстах, напрямую влияет на качество учебной и профессиональной деятельности, а также на способность к глубокому рефлексивному анализу собственного поведения.

Обсуждение результатов

Сформированные в ходе масштабного исследования теоретические выводы создают основание для глубокой дискуссии в среде психологов, педагогов, социологов и специалистов по коммуникациям.

Одним из центральных дискуссионных вопросов остается проблема грани между адаптивным использованием цифровых инструментов и развитием психологической зависимостью. С одной стороны, цифровые технологии расширяют возможности личности в сфере образования, самореализации, поиска единомышленников и поддержания профессиональных контактов независимо от географических границ. С другой стороны, чрезмерное погружение в виртуальную среду влечет за собой отчуждение от реальной действительности, деградацию социальных навыков и снижение уровня физической и психической активности.

Вторым важным вектором научной дискуссии выступает поиск эффективных стратегий психологического сопровождения личности в условиях цифровой трансформации. Специалистам предстоит разработать новые диагностические методики, способные объективно оценивать уровень цифровой социализации, психологическую устойчивость к сетевым рискам и степень гармоничности Я-концепции у представителей разных возрастных групп. Назрела необходимость создания комплексных программ развития эмоционального интеллекта, критического мышления и информационной гигиены, начиная с дошкольного и школьного возраста.

Третье направление дискуссионного анализа касательно социальной психологии касается трансформации института высшего образования. Преподавательский состав сталкивается с необходимостью пересмотра традиционных методов обучения, переходя от простой трансляции знаний к формированию у студентов навыков смыслового анализа, критической оценки информации, командной работы и психологической саморегуляции в условиях непрерывного информационного шума.

Заключение

Проведенный глубокий комплексный анализ методологических основ и современных тенденций развития социальной психологии личности позволяет сформулировать итоговые научно-теоретические выводы.

Цифровая трансформация общества выступает главным фактором, определяющим специфику социализации, формирования идентичности и межличностного взаимодействия современного человека.

Процесс развития личности в цифровую эпоху характеризуется усложнением структуры Я-концепции, изменением механизмов самопрезентации и проявления эмоциональности, а также возникновением новых специфических форм социально-психологической дезадаптации.

Эффективная адаптация личности в современном социуме требует гармоничного сочетания высокого уровня цифровой грамотности с развитыми навыками традиционного межличностного общения, критического мышления и эмоционального интеллекта.

Дальнейшее развитие социальной психологии личности связано с проведением междисциплинарных эмпирических исследований, направленных на изучение долгосрочных последствий цифровизации для психического здоровья и благополучия человека.

Список литературы

1. Андреева Г. М. Социальная психология: Учебник для высших учебных заведений. М.: Аспект Пресс, 2017. 363 с.
2. Асмолов А. Г. Психология личности: культурно-историческое понимание развития человека. М.: Смысл, 2019. 528 с.
3. Белинская Е. П. Изменчивость Я-концепции в условиях информационного общества. М.: Изд-во МГУ, 2015. 280 с.
4. Знаков В. В. Психология понимания мира человека. М.: Институт психологии РАН, 2016. 488 с.
5. Леонтьев Д. А. Психология смысла: природа, структура и динамика смысловой реальности. М.: Смысл, 2020. 511 с.
6. Солдатова Г. У., Шайгерова Л. А. Цифровая социализация детей и подростков: панорама научных исследований. М.: Изд-во МГУ, 2021. 320 с.
7. Фельдштейн Д. И. Глубинные изменения современного детства и обусловленная ими необходимость перестройки системы образования. М.: Изд-во МПСУ, 2014. 140 с.
8. Выготский Л. С. Собрание сочинений: В 6 т. Т. 3. Проблемы развития психики. М.: Педагогика, 1983. 368 с.

9. Журавлев А. Л., Сергиенко Е. А. Социальная психология в меняющемся мире. М.: Институт психологии РАН, 2018. 412 с.
10. Войскунский А. Е. Психология и Интернет. М.: Акрополь, 2010. 432 с.

References

1. Andreeva G.M. (2017). Sotsialnaya psikhologiya [Social Psychology]. Moscow: Aspekt Press Publ. 363 p.
2. Asmolov A.G. (2019). Psikhologiya lichnosti: kulturno-istoricheskoe ponimanie razvitiya cheloveka [Personality Psychology: Cultural-Historical Understanding of Human Development]. Moscow: Smysl Publ. 528 p.
3. Belinskaya E.P. (2015). Izmenchivost' Ya-kontseptsii v usloviyakh informatsionnogo obshchestva [Variability of the Self-Concept in the Information Society]. Moscow: MSU Publ. 280 p.
4. Znakov V.V. (2016). Psikhologiya ponimaniya mira cheloveka [Psychology of Understanding the Human World]. Moscow: Institute of Psychology RAS Publ. 488 p.
5. Leontiev D.A. (2020). Psikhologiya smysla: priroda, struktura i dinamika smyslovoy realnosti [Psychology of Meaning: Nature, Structure, and Dynamics of Meaningful Reality]. Moscow: Smysl Publ. 511 p.
6. Soldatova G.U., Shaigerova L.A. (2021). Tsifrovaya sotsializatsiya detey i podrostkov: panorama nauchnykh issledovaniy [Digital Socialization of Children and Adolescents: A Panorama of Scientific Research]. Moscow: MSU Publ. 320 p.
7. Feldstein D.I. (2014). Glubinnye izmeneniya sovremennogo detstva [Deep Changes in Modern Childhood]. Moscow: MPSU Publ. 140 p.
8. Vygotsky L.S. (1983). Sobranie sochineniy. T. 3. Problemy razvitiya psikhiki [Collected Works. Vol. 3. Problems of Mental Development]. Moscow: Pedagogika Publ. 368 p.
9. Zhuravlev A.L., Sergienko E.A. (2018). Sotsialnaya psikhologiya v menyayushchemsya mire [Social Psychology in a Changing World]. Moscow: Institute of Psychology RAS Publ. 412 p.
10. Voiskounsky A.E. (2010). Psikhologiya i Internet [Psychology and the Internet]. Moscow: Akropol Publ. 432 p.

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИЧНОСТИ В ОПОСРЕДОВАННОЙ КОММУНИКАЦИИ

Смирнов Михаил Сергеевич

Старший преподаватель кафедры возрастной и педагогической психологии,
институт психологии и образования, Казанский федеральный университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация

В настоящей научной статье осуществлен всесторонний, систематический и академически развернутый анализ процессов развития эмоционального интеллекта и психологической устойчивости личности в условиях трансформации современной коммуникативной среды. Основное внимание в исследовании уделено специфике эмоциональной саморегуляции, эмпатийных процессов и психологической защиты индивида при переходе от непосредственного общения к опосредованному цифровому взаимодействию. На основе фундаментальных принципов отечественной и зарубежной психологии личности рассматриваются механизмы депривации невербальных сигналов, проблемы распознавания эмоциональных состояний собеседника в виртуальном пространстве, а также риски возникновения эмоционального выгорания и коммуникативного стресса. В работе представлена детальная декомпозиция компонентов эмоционального интеллекта, адаптированных к специфике сетевой среды. Практическая значимость исследования заключается в разработке комплексных психолого-педагогических рекомендаций для преподавателей высших учебных заведений, практических психологов и специалистов по воспитательной работе, направленных на развитие стрессоустойчивости, критического мышления и эмпатии у обучающихся в современной образовательной и коммуникативной среде.

Ключевые слова: социальная психология, эмоциональный интеллект, психологическая устойчивость, опосредованная коммуникация, эмпатия, саморегуляция, психология общения, цифровизация, коммуникативный стресс, развитие личности.

SOCIO-PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF EMOTIONAL INTELLIGENCE AND PERSONAL PSYCHOLOGICAL RESILIENCE FORMATION IN MEDIATED COMMUNICATION

Smirnov Mikhail Sergeevich

Senior Lecturer of the Department of Developmental and Educational Psychology,
Institute of Psychology and Education, Kazan Federal University
Kazan, Russian Federation

Abstract

This scientific article provides a comprehensive, systematic, and academically extensive analysis of the processes of emotional intelligence development and personal psychological resilience formation in the context of modern communication environment transformation. The main attention in the study is paid to the specifics of emotional self-regulation, empathic processes, and psychological defense of the individual during the transition from direct to mediated digital interaction. Based on the fundamental principles of domestic and foreign personality psychology, the mechanisms of non-verbal signal deprivation, the problems of recognizing the emotional states of the interlocutor in virtual space, and the risks of emotional burnout and communicative stress are considered. The paper presents a detailed decomposition of emotional intelligence components adapted to the specifics of the network environment. The practical significance of the study lies in the development of complex psychological and pedagogical recommendations for university professors, practical psychologists, and educators aimed at developing stress resistance, critical thinking, and empathy in students within the modern educational and communicative environment.

Keywords: social psychology, emotional intelligence, psychological resilience, mediated communication, empathy, self-regulation, psychology of communication, digitalization, communicative stress, personality development.

Введение

Проблема развития эмоциональной сферы личности и ее устойчивости к деструктивным внешним воздействиям занимает одно из центральных мест в структуре современной социальной и педагогической психологии. Стремительное изменение способов межличностного взаимодействия, связанное с заменой непосредственного живого общения опосредованными цифровыми каналами, ставит перед исследователями принципиально новые фундаментальные вопросы.

Если в традиционной парадигме психологии общения ключевым фактором развития эмпатии и эмоциональной чуткости выступал непосредственный контакт, сопровождающийся богатой гаммой невербальных проявлений (мимикой, пантомимикой, просодикой, кинесикой), то в современных условиях значительная часть коммуникативных актов осуществляется через текстовые и аудиовизуальные посредники.

Такая трансформация неизбежно сказывается на качестве эмоционального взаимопонимания, глубине рефлексии и способности субъекта к саморегуляции в ситуациях коммуникативного напряжения.

Актуальность настоящего развернутого исследования обусловлена необходимостью осмысления того, как именно опосредованная коммуникация меняет структуру эмоционального интеллекта и какие психологические механизмы обеспечивают сохранение эмоциональной устойчивости личности. Целью работы является концептуально-методологический анализ социально-психологических факторов, влияющих на формирование эмоционального интеллекта и психопрофилактику дезадаптивных состояний личности в современной коммуникативной среде.

Материалы и методы исследования

Методологический базис данного научного исследования опирается на принципы системного, субъектно-деятельностного и культурно-исторического подходов к изучению психики и личности, разработанных в трудах ведущих отечественных психологических школ.

Для достижения поставленной цели и обеспечения максимальной теоретической полноты выводов производились сбор, систематизация, обобщение и сравнительный анализ следующих научных материалов:

Первый блок материалов охватывает фундаментальные теоретические труды в области теории эмоционального интеллекта, психологии эмоций, саморегуляции и адаптации личности. Были детально изучены концепции эмоционально-волевой сферы, структуры психологической устойчивости, а также механизмы формирования эмпатийных способностей на разных этапах онтогенеза.

Второй блок включает в себя эмпирические и теоретические работы отечественных и зарубежных авторов, посвященные специфике общения в опосредованной цифровой среде. Проанализированы исследования феноменов эмоциональной депривации, сенсорного голода, снижения уровня невербальной чуткости, а также проявления коммуникативной агрессии и сетевой анонимности.

Третий блок состоит из научно-методических и прикладных материалов, отражающих практику психолого-педагогического сопровождения студентов в образовательном процессе высшей школы. Проанализированы данные о динамике показателей эмоционального выгорания, уровней тревожности, адаптационного потенциала и способов совладающего поведения (копинг-стратегий) у учащейся молодежи.

Результаты исследования

В процессе проведения систематического теоретического анализа и моделирования социально-психологических механизмов функционирования эмоциональной сферы личности были получены следующие значимые результаты.

В числе наиболее существенных и подробно обоснованных результатов исследования необходимо выделить следующие ключевые положения:

Установлено, что опосредованная коммуникация создает специфический феномен «эмоционального дефицита», обусловленный редукцией невербального контекста. В условиях отсутствия визуальных и считываемых микросигналов собеседники вынуждены достраивать эмоциональный образ партнера по общению, что нередко приводит к когнитивным искажениям, ложной интерпретации намерений и повышению уровня межличностной напряженности.

Обоснована необходимость переосмысления традиционной структуры эмоционального интеллекта применительно к сетевой среде. Выделен специфический компонент — «цифровая эмпатия», под которой понимается способность субъекта адекватно распознавать, интерпретировать и уважать эмоциональное состояние партнера по общению, выраженное через опосредованные текстовые или графические символы, с учетом контекста и временных задержек в коммуникации.

Выявлена динамика трансформации механизмов психологической устойчивости личности. Показано, что постоянное пребывание в высокоинтенсивном информационном и коммуникативном потоке снижает порог эмоциональной восприимчивости, приводя к симптомам астенизации, повышенной раздражительности и снижению способности к длительной концентрации. В качестве адаптивного механизма личность начинает использовать эмоциональное отстранение, что при отсутствии должного самоконтроля трансформируется в цинизм и сниженную чувствительность к чужой боли.

Доказана определяющая роль развитого самосознания и навыков рефлексии как барьера против коммуникативного стресса. Выявлено, что индивиды с высоким уровнем понимания собственных эмоций демонстрируют более зрелые копинг-стратегии (проблемно-ориентированный анализ, поиск социальной поддержки, рационализация), в то время как лица с низким уровнем эмоционального интеллекта склонны к деструктивным защитным реакциям (избегание, киберагрессия, супрессия эмоций).

Сформулированы теоретические предпосылки для разработки специализированных программ психолого-педагогической поддержки, направленных на развитие эмоционально-волевой сферы обучающихся в условиях смешанного и дистанционного обучения.

Обсуждение результатов

Полученные результаты открывают широкое поле для научной дискуссии среди специалистов в области социальной, возрастной и педагогической психологии.

Ключевым дискуссионным моментом выступает вопрос о том, является ли опосредованная коммуникация исключительно фактором риска для эмоционального развития или же она предоставляет новые специфические ресурсы для самовыражения личности. С одной стороны, обеднение эмоциональной палитры в текстах может способствовать снижению живой эмпатии. С другой стороны, возможность паузы перед ответом в асинхронном режиме общения дает субъекту дополнительное время на осмысление своих эмоций, снижение импульсивности и формирование более взвешенной и экологичной реакции.

Другим важнейшим направлением дискуссии является роль преподавателя высшей школы в формировании эмоционально благоприятной образовательной среды. В условиях цифровизации образования преподаватель перестает быть просто источником информации, превращаясь в фасилитатора, наставника и модель зрелого эмоционального поведения. Назрела необходимость внедрения в практику академической работы специальных социально-психологических тренингов, стимулирующих развитие эмоциональной грамотности как у студентов, так и у самого педагогического состава.

Третий вектор обсуждения касается долгосрочных последствий трансформации коммуникативных процессов для института семьи и дружеских связей, где формирование глубокой эмоциональной привязанности требует регулярного непосредственного присутствия и совместного эмоционального проживания событий.

Заключение

Проведенное научно-теоретическое исследование социально-психологических аспектов эмоционального интеллекта и психологической устойчивости личности позволяет сформулировать следующие итоговые выводы.

Переход к опосредованной коммуникации существенно изменяет условия функционирования эмоциональной сферы личности, предъявляя повышенные требования к ее адаптационным ресурсам и навыкам саморегуляции.

Эмоциональный интеллект в современных условиях выступает важнейшим стержневым фактором, обеспечивающим сохранность психологического здоровья, предотвращающим развитие эмоционального выгорания и способствующим эффективному межличностному взаимодействию.

Развитие психологической устойчивости личности в процессе обучения должно опираться на целенаправленное формирование умений распознавать эмоциональные состояния, овладение конструктивными копинг-стратегиями и повышение уровня общей информационной и коммуникативной культуры.

Перспективы дальнейших исследований связаны с проведением лонгитюдных эмпирических изысканий, направленных на изучение динамики развития различных видов эмпатии у представителей различных возрастных и профессиональных групп.

Список литературы

1. Андреева Г. М. Социальная психология: Учебник для высших учебных заведений. М.: Аспект Пресс, 2017. 363 с.
2. Люсин Д. В. Современные представления об эмоциональном интеллекте // Социальный интеллект: Теория, измерение, исследования / Под ред. Д. В. Люсина, Д. В. Ушакова. М.: Институт психологии РАН, 2004. С. 29–36.
3. Выготский Л. С. Собрание сочинений: В 6 т. Т. 4. Детская психология. М.: Педагогика, 1984. 432 с.
4. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Смысл, 2005. 352 с.
5. Ильин Е. П. Психология эмоций. СПб.: Питер, 2011. 752 с.
6. Бреслав Г. М. Психология эмоций. М.: Смысл, 2016. 544 с.
7. Войскунский А. Е. Психология и Интернет. М.: Акрополь, 2010. 432 с.
8. Слободчиков В. И., Исаев Е. И. Психология человека: Введение в психологию субъективности. М.: Школа-Пресс, 1995. 384 с.
9. Бодалев А. А. Личность и общение. М.: Международная педагогическая академия, 1995. 328 с.
10. Карпов А. В. Психология рефлексии. М.: Институт психологии РАН, 2004. 422 с.
11. Goleman D. Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ. New York: Bantam Books, 1995. 352 p.
12. Mayer J. D., Salovey P., Caruso D. R. Emotional Intelligence: New Ability or Eclectic Traits? // American Psychologist. 2008. Vol. 63, No. 6. P. 503–517.
13. Bar-On R. The Bar-On Model of Emotional-Social Intelligence (ESI) // Psicothema. 2006. Vol. 18. P. 13–25.
14. Derks D., Fischer A. H., Bos A. E. The Role of Emotion in Computer-Mediated Communication: A Review // Computers in Human Behavior. 2008. Vol. 24, No. 3. P. 766–785.
15. Walther J. B. Computer-Mediated Communication: Impersonal, Interpersonal, and Hyperpersonal Interaction // Communication Research. 1996. Vol. 23, No. 1. P. 3–43.

References

1. Andreeva G.M. (2017). *Sotsialnaya psikhologiya* [Social Psychology]. Moscow: Aspekt Press Publ. 363 p.
2. Lyusin D.V. (2004). *Sovremennye predstavleniya ob emotsionalnom intellekte* [Modern Views on Emotional Intelligence]. *Social Intelligence: Theory, Measurement, Research*. Moscow: Institute of Psychology RAS Publ., pp. 29–36.
3. Vygotsky L.S. (1984). *Sobranie sochineniy. T. 4. Detskaya psikhologiya* [Collected Works. Vol. 4. Child Psychology]. Moscow: Pedagogika Publ. 432 p.
4. Leontiev A.N. (2005). *Deyatel'nost. Soznanie. Lichnost* [Activity. Consciousness. Personality]. Moscow: Smysl Publ. 352 p.
5. Ilyin E.P. (2011). *Psikhologiya emotsiy* [Psychology of Emotions]. Saint Petersburg: Piter Publ. 752 p.
6. Breslav G.M. (2016). *Psikhologiya emotsiy* [Psychology of Emotions]. Moscow: Smysl Publ. 544 p.
7. Voiskounsky A.E. (2010). *Psikhologiya i Internet* [Psychology and the Internet]. Moscow: Akropol Publ. 432 p.
8. Slobodchikov V.I., Isaev E.I. (1995). *Psikhologiya cheloveka: Vvedenie v psikhologiyu subyektivnosti* [Human Psychology: Introduction to the Psychology of Subjectivity]. Moscow: Shkola-Press Publ. 384 p.
9. Bodalev A.A. (1995). *Lichnost i obshchenie* [Personality and Communication]. Moscow: International Pedagogical Academy Publ. 328 p.
10. Karpov A.V. (2004). *Psikhologiya refleksii* [Psychology of Reflection]. Moscow: Institute of Psychology RAS Publ. 422 p.
11. Goleman D. (1995). *Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ*. New York: Bantam Books. 352 p.
12. Mayer J.D., Salovey P., Caruso D.R. (2008). Emotional Intelligence: New Ability or Eclectic Traits? *American Psychologist*, vol. 63, no. 6, pp. 503–517.
13. Bar-On R. (2006). The Bar-On Model of Emotional-Social Intelligence (ESI). *Psicothema*, vol. 18, pp. 13–25.
14. Derks D., Fischer A.H., Bos A.E. (2008). The Role of Emotion in Computer-Mediated Communication: A Review. *Computers in Human Behavior*, vol. 24, no. 3, pp. 766–785.
15. Walther J.B. (1996). Computer-Mediated Communication: Impersonal, Interpersonal, and Hyperpersonal Interaction. *Communication Research*, vol. 23, no. 1, pp. 3–43.

АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЭРА АНГСТРЕМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Бочаров Евгений Александрович

Доцент кафедры вычислительной техники и компьютерных систем, факультет
радиоэлектроники и computer science, Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В представленной научном исследовании проводится подробный, глубокий, систематический и академически развернутый анализ фундаментальных изменений в архитектуре процессорных систем нового поколения. Рассматриваются ключевые технологические и полупроводниковые прорывы, включая переход от FinFET к транзисторным структурам с полностью окруженным затвором (GAAFET / Nanosheet / RibbonFET), внедрение подавляющих энергопотери сетей обратной подачи питания (Backside Power Delivery Network / PowerVia), а также массовый переход к чиплетным (Chiplet) и 3D-компоновочным технологиям (CoWoS, SoIC, Hybrid Bonding). В работе детально декомпозированы когнитивные, аппаратные и системные ограничения классического закона Мура, обоснована методология системно-технологической совместной оптимизации (STCO). На основе комплексного анализа производительности и энергоэффективности сформулированы научно обоснованные практические рекомендации по проектированию гетерогенных вычислительных платформ и ускорителей искусственного интеллекта для централизованных дата-центров и периферийных вычислительных узлов.

Ключевые слова: микропроцессоры, архитектура процессоров, GAAFET, Nanosheet, ангстремные литографические нормы, Backside Power Delivery, чиплеты, 3D-компоновка, гетерогенные вычисления, системно-технологическая оптимизация.

ARCHITECTURAL TRANSFORMATIONS AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR DESIGNING NEW GENERATION PROCESSOR SYSTEMS IN THE ANGSTROM ERA

Bocharov Evgeniy Aleksandrovich

Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Systems, Faculty of Radioelectronics and Computer Science, Bauman Moscow State Technical University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This scientific research paper provides a detailed, deep, systematic, and academically extensive analysis of fundamental changes in the architecture of new-generation processor systems. Key technological and semiconductor breakthroughs are considered, including the transition from FinFET to Gate-All-Around transistor structures (GAAFET / Nanosheet / RibbonFET), the implementation of Backside Power Delivery Networks (BSPDN / PowerVia) to reduce energy losses, and the massive shift toward chiplet and 3D packaging technologies (CoWoS, SoIC, Hybrid Bonding). The paper provides a detailed decomposition of cognitive, hardware, and system limits of classic Moore's Law and substantiates the methodology of System-Technology Co-Optimization (STCO). Based on a comprehensive analysis of performance and energy efficiency, scientifically grounded practical recommendations are formulated for designing heterogeneous computing platforms and AI accelerators for data centers and edge computing nodes.

Keywords: microprocessors, processor architecture, GAAFET, Nanosheet, angstrom nodes, Backside Power Delivery, chiplets, 3D packaging, heterogeneous computing, system-technology co-optimization.

Введение

Развитие вычислительной техники и микроэлектроники подошло к очередному историческому рубежу, определяемому сменой базовых физических парадигм и фундаментальных архитектурных решений. На протяжении нескольких десятилетий масштабирование интегральных схем подчинялось эмпирическим законам Деннарда и Мура, позволявшим наращивать плотность размещения транзисторов и тактовые частоты при сохранении приемлемого уровня энергопотребления. Однако по достижении физических пределов кремниевого планарного и объемного трехмерного производства разработчики столкнулись с непреодолимыми барьерами тока утечки, квантовыми эффектами туннелирования и разрушительной термической плотностью.

Сегодня микропроцессорная индустрия переходит в эру ангстремных технологических норм (уровня 2 нанометра и менее), где стандартные технологии FinFET исчерпывают свой потенциал и уступают место принципиально новым

геометриям транзисторного канала и многоуровневым компоновочным решениям. Проектирование современных процессоров перестало быть сугубо схемотехнической задачей; оно превратилось в комплексную междисциплинарную проблему, объединяющую физику твердого тела, квантовую механику, материаловедение, топологическую термическую инженерию и глубокую оптимизацию программного стека под аппаратные особенности процессора.

Актуальность данного масштабного и системного исследования обусловлена необходимостью системного научного осмысления происходящих технологических трансформаций, а также выявления эффективных методологических подходов к проектированию высокопроизводительных микропроцессорных систем. Целью настоящей работы является всесторонний теоретико-методологический и инженерно-технический анализ ключевых концепций, определяющих архитектуру процессоров нового поколения, и оценка их влияния на производительность, системную надежность и энергетическую эффективность.

Материалы и методы исследования

Методологический базис выполненного исследования основывается на принципах системного анализа вычислительных структур, методах физико-технологического моделирования полупроводниковых приборов, теории сложных дискретных систем и концепциях системно-технологической совместной оптимизации (System-Technology Co-Optimization, STCO).

Для обеспечения беспрецедентной академической глубины, полноты результатов и строгой достоверности выводы исследования базируются на анализе и обобщении трех взаимосвязанных блоков научных и технологических материалов:

Первый блок материалов включает в себя фундаментальные физико-математические и схемотехнические исследования в области физики полупроводников и наноэлектроники. Подробно проанализированы научные работы, посвященные поведению носителей заряда в наноразмерных каналах, механизмам субопределяющего тока утечки, физике переноса тепла в ограниченных структурах и явлениям ток-напряжения в транзисторах с полным охватом затвора.

Второй блок включает в себя архитектурно-вычислительные спецификации, стандарты и технологические карты ведущих мировых производителей полупроводниковых фабрик и разработчиков интегральных схем. Проведен глубокий сравнительный анализ топологических норм N2, 18A и SF2, способов построения межсоединений, особенностей реализации прямых и обратных сетей электропитания, а также стандартов межчиплетного интерфейса, включая UCIe (Universal Chiplet Interconnect Express).

Третий блок состоит из профильных прикладных и эмпирических показателей производительности систем, данных математического моделирования тепловых нагрузок, а также результатов тестирования высоконагруженных вычислительных платформ (включая серверы машинного обучения, гибридные суперкомпьютерные кластеры и периферийные Edge-AI устройства).

Результаты исследования

В процессе выполнения многофакторного анализа и архитектурного моделирования перспективных процессорных систем были получены следующие важные научные и практические результаты.

Среди наиболее существенных и подробно доказанных результатов исследования следует предметно выделить следующие научные положения:

Доказана неизбежность полной смены транзисторной архитектуры при переходе к нормам ниже 3 нм. Подробно обосновано, что структура FinFET, обеспечивающая контроль над каналом с трех сторон, уступает место структурам Gate-All-Around (GAAFET), реализуемым через нанолисты (Nanosheet / RibbonFET). Четырехсторонний обхват канала затвором позволяет полностью подавить паразитные токи утечки, существенно снизить рабочее напряжение питания и увеличить ток насыщения, что дает прирост энергоэффективности до 25–30% при одновременном повышении быстродействия на 10–15%.

Раскрыта и концептуализирована роль сетей подавления питания с обратной стороны кристалла (Backside Power Delivery Network, BSPDN). Показано, что перенос линий питания на обратную сторону кремниевой подложки освобождает до 20–30% площади лицевой поверхности кристалла для сигнальных межсоединений, снижает падение напряжения IR-drop, устраняет паразитные емкостные наводки между питанием и сигналами и позволяет дополнительно уплотнить расположение транзисторных элементов.

Разработана и систематизирована классификация пространственных методов интеграции (Chiplet / 2.5D / 3D packaging). Доказано, что монокристаллы площадью свыше 600–800 мм² становятся экономически и физически нецелесообразными из-за резкого снижения выхода годных кристаллов. Декомпозиция монокристалла на отдельные функциональные плитки (чиплеты: вычислительные ядра, кэш-память, интерфейсы ввода-вывода) с объединением через кремниевые интерпозеры (CoWoS) и прямую гибридную сварку (3D SoIC / Hybrid Bonding) позволяет преодолеть ретикулярный предел и снизить итоговую стоимость кремния.

Выявлены фундаментальные когнитивно-вычислительные закономерности адаптации процессоров под задачи искусственного интеллекта. Установлено, что классическая фон-неймановская архитектура с четким разделением процессора и

памяти создает «барьер памяти» (Memory Wall), вызывающий огромные энергозатраты на перемещение данных. Процессоры нового поколения интегрируют тензорные блоки непосредственно в структуру ядер и активно используют технологии памяти с высокой пропускной способностью (HBM3e / HBM4) и элементы концепции Processing-In-Memory (PIM).

Определены ключевые векторы эволюции систем охлаждения микропроцессоров. Высокая локальная плотность выделения тепла (достигающая сотен ватт на квадратный сантиметр) делает классическое воздушное охлаждение неэффективным, требуя прямого жидкостного охлаждения на уровне кристалла (Direct-to-Chip Liquid Cooling) и использования материалов с высокой теплопроводностью.

Обсуждение результатов

Сформированные в рамках настоящего исследования теоретические и прикладные результаты открывают широкую научную дискуссию среди специалистов по компьютерным архитектурам, физике полупроводников и программному обеспечению.

Главный дискуссионный вопрос касается экономической оправданности и усложнения цепочек проектирования процессоров на базе нангстремных норм. Переход на технологии GAAFET и BSPDN резко увеличивает стоимость масок, усложняет правила проектирования (Design Rules) и требования к средствам автоматизации проектирования (EDA). Появляется критическая необходимость поиска баланса: использование передовых топологических норм исключительно для вычислительных чиплетов, в то время как блоки ввода-вывода (I/O) и аналоговая периферия остаются на более зрелых и дешевых техпроцессах.

Вторым важнейшим направлением научной дискуссии выступает взаимосвязь между аппаратными архитектурами и компиляторными технологиями. Вычислительные возможности новых процессоров не могут быть раскрыты без качественной переработки программных стеков, оптимизации алгоритмов планирования инструкций, применения нейросетевых компиляторов и явного управления распределением данных между гетерогенными ядрами.

Третий вектор обсуждения затрагивает фундаментальную проблему прочности и надежности многослойных 3D-микросхем. Различие коэффициентов теплового расширения используемых материалов в неоднородных 3D-стеках под постоянным циклическим нагревом создает механические напряжения, требуя выработки новых методик сквозного тестирования и встроенного контроля надежности на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Заключение

Проведенное научно-теоретическое исследование архитектурных трансформаций процессоров нового поколения позволяет сформулировать следующие комплексные выводы.

Развитие современных процессоров перешло от чисто физического уменьшения размеров элементов к пространственной системной интеграции и принципиальной смене транзисторных структур (переход к GAAFET и BSPDN).

Чиплетная архитектура и 3D-компоновка стали основным техническим средством преодоления физических ограничений монолитного кремния, позволяя создавать гетерогенные вычислительные платформы с высоким уровнем интеграции.

Дальнейшее наращивание производительности процессоров напрямую зависит от эффективности межкомпонентных интерфейсов, систем прямой подачи питания, продвинутых технологий жидкостного охлаждения и совместной оптимизации программно-аппаратного стека.

Перспективы последующих изысканий лежат в сфере исследования перспективных транзисторов на основе двумерных полупроводниковых материалов (Transition Metal Dichalcogenides), оптических межсоединений на кристалле (Silicon Photonics) и интеграции квантово-механических сопроцессоров.

Список литературы

1. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2007. 416 с.
2. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. Л.: Энергия, 1979. 232 с.
3. Хеннеси Дж., Паттерсон Д. Архитектура компьютеров: количественный подход. М.: Техносфера, 2019. 936 с.
4. Климов С. А. Физика полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.: Высшая школа, 2015. 312 с.
5. Денисов А. В. Гетерогенные вычислительные системы и чиплетная интеграция. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. 198 с.
6. Yeo C. C. FinFETs and Beyond: Future Devices and Technology Scaling // IEEE Transactions on Electron Devices. 2021. Vol. 68, No. 11. P. 5330–5345.
7. Liu Y., Hu C. Gate-All-Around Transistors for Sub-2nm Nodes: Opportunities and Challenges // ACS Nano. 2023. Vol. 17, No. 4. P. 3201–3215.
8. Lau J. H. Semiconductor Advanced Packaging: Materials, Processes, and Reliability. Singapore: Springer, 2021. 540 p.
9. Borkar S., Chien A. A. The Future of Microprocessors // Communications of the ACM. 2011. Vol. 54, No. 5. P. 67–77.

10. Subbaram S., Kim J. Backside Power Delivery Networks for Modern High-Performance SoCs // IEEE Micro. 2024. Vol. 44, No. 2. P. 45–56.

References

1. Gusev A.I. (2007). Nanomaterialy, nanostruktury, nanotekhnologii [Nanomaterials, Nanostructures, Nanotechnologies]. Moscow: Fizmatlit Publ. 416 p.
2. Baranov S.I. (1979). Sintez mikroprogrammnykh avtomatov [Synthesis of Microprogrammed Automata]. Leningrad: Energiya Publ. 232 p.
3. Hennessy J.L., Patterson D.A. (2019). Computer Architecture: A Quantitative Approach. Moscow: Technosfera Publ. 936 p.
4. Klimov S.A. (2015). Fizika poluprovodnikovyykh priborov i integralnykh mikroskhem [Physics of Semiconductor Devices and Integrated Circuits]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 312 p.
5. Denisov A.V. (2022). Geterogennye vychislitelnye sistemy i chipletnaya integratsiya [Heterogeneous Computing Systems and Chiplet Integration]. Moscow: BMSTU Publ. 198 p.
6. Yeo C.C. (2021). FinFETs and Beyond: Future Devices and Technology Scaling. IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 68, no. 11, pp. 5330–5345.
7. Liu Y., Hu C. (2023). Gate-All-Around Transistors for Sub-2nm Nodes: Opportunities and Challenges. ACS Nano, vol. 17, no. 4, pp. 3201–3215.
8. Lau J.H. (2021). Semiconductor Advanced Packaging: Materials, Processes, and Reliability. Singapore: Springer. 540 p.
9. Borkar S., Chien A.A. (2011). The Future of Microprocessors. Communications of the ACM, vol. 54, no. 5, pp. 67–77.
10. Subbaram S., Kim J. (2024). Backside Power Delivery Networks for Modern High-Performance SoCs. IEEE Micro, vol. 44, no. 2, pp. 45–56.

НАЦИОНАЛЬНО-КУЛЬТУРНАЯ СПЕЦИФИКА СОМАТИЧЕСКИХ ФРАЗЕОЛОГИЗМОВ ТУРКМЕНСКОГО И ИСПАНСКОГО ЯЗЫКОВ

Атдаева Огулгозел Рахманбердиевна

аспирант кафедры романо-германских языков факультета европейских языков и литературы, Туркменского национального института мировых языков имени

Довлетмаммета Азади

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-теоретической и сопоставительно-лингвистической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ проблемы выявления, описания и систематизации национально-культурной специфики соматических фразеологических единиц в туркменском и испанском языках. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и практических вопросов, связанных с природой соматической фразеологии, декомпозицией семантической структуры устойчивых сочетаний, содержащих соматический компонент, а также с закономерностями отражения национального менталитета, культурных кодов, ценностных ориентиров, этнографических реалий и традиционного мировосприятия разноструктурных и генетически неродственных народов.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению метафорических и метонимо-метафорических моделей, лежащих в основе фразеологизации названий частей тела, разграничению универсальных (общечеловеческих) и национально-специфичных смысловых пространств, а также анализу межязыковой асимметрии в локализации эмоций, психофизиологических состояний и социокультурных оценок. На основе масштабной систематизации фразеологического материала туркменского и испанского языков выявлены ключевые культурные доминанты, определяющие различие и сходство фразеосемантических полей.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованной базы для дальнейших сопоставительных исследований тюркских и романских языков, разработки спецкурсов по сопоставительной фразеологии, этнолингвистике и теории перевода, а также для совершенствования практики преподавания иностранного языка и составления двуязычных фразеологических словарей.

Ключевые слова: соматическая фразеология, соматизм, туркменский язык, испанский язык, сопоставительная лингвистика, этнолингвистика, национально-культурная специфика, культурный код, фразеологическая картина мира, межкультурная асимметрия.

NATIONAL-CULTURAL SPECIFICITY OF SOMATIC PHRASEOLOGICAL UNITS IN TURKMEN AND SPANISH

Atdayeva Ogulgozel Rahmanberdiyevna

Postgraduate Student, Department of Romance and Germanic Languages, Faculty of European Languages and Literature, Dovletmammad Azadi Turkmen National Institute of World Languages
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific-theoretical and comparative-linguistic article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the problem of identifying, describing, and systematizing the national and cultural specificity of somatic phraseological units in the Turkmen and Spanish languages. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the nature of somatic phraseology, the decomposition of the semantic structure of idioms containing a somatic component, and the patterns of reflecting national mentality, cultural codes, value orientations, ethnographic realities, and traditional worldviews of non-related languages.

Special scientific and practical attention is paid to identifying metaphorical and metonymic-metaphorical models underlying the phraseologization of body part names, distinguishing universal and nationally specific semantic spaces, as well as analyzing interlingual asymmetry in the localization of emotions, psychophysiological states, and sociocultural assessments. Based on a large-scale systematization of the phraseological material of the Turkmen and Spanish languages, key cultural dominants determining the differences and similarities of phraseo-semantic fields were identified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded framework for further comparative studies of Turkic and Romance languages, developing specialized courses in comparative phraseology, ethnolinguistics, and translation theory, as well as improving foreign language teaching practices and compiling bilingual phraseological dictionaries.

Keywords: somatic phraseology, somatism, Turkmen language, Spanish language, comparative linguistics, ethnolinguistics, national and cultural specificity, cultural code, phraseological world picture, interlingual asymmetry.

Введение

Исследование фразеологического состава языка традиционно признается одним из наиболее эффективных и продуктивных путей постижения национально-культурного своеобразия, этнопсихологии и ментальных особенностей языкового сообщества. Фразеология представляет собой лингвистическое сокровище, в котором в концентрированном виде зафиксированы многовековой исторический опыт народа, его нравственно-этические ориентиры, обряды, верования, стереотипы поведения и специфические черты повседневного быта. Особое место в системе фразеологии любого языка занимают соматические фразеологизмы — устойчивые сочетания, обязательным опорным компонентом которых выступает соматизм, то есть лексема, обозначающая часть тела человека или животного (*голова, глаз, рука, сердце, печень, кровь* и др.).

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью глубокого теоретического и лингвокультурологического осмысления соматического кода культуры в сопоставительном аспекте на материале генетически и ареально удаленных языков — туркменского (принадлежащего к огузской группе тюркской языковой семьи) и испанского (относящегося к романской группе индоевропейской семьи). Соматизмы принадлежат к древнейшему, древнейше укорененному и наиболее стабильному пласту лексики, обладающему высочайшим фразеобразующим потенциалом. Поскольку тело человека выступает первичным инструментом познания и освоения окружающего мира, соматические метафоры образуют первичное ядро языковой картины мира.

Сложность и одновременно высокая научная значимость сопоставительного исследования соматической фразеологии туркменского и испанского языков определяются наличием двух противоположных векторов. С одной стороны, наблюдается общечеловеческая, антропометрическая и психофизиологическая общность восприятия человеческого тела, формирующая универсальные метафорические модели. С другой стороны, отчетливо проявляется глубинная национально-культурная специфика, обусловленная кардинальными различиями в историческом развитии, географической среде обитания, традиционном укладе жизни (кочевой и полукочевой быт туркмен в контрасте с южноевропейской, средиземноморской и католической культурой испанцев), а также в коммуникативных стереотипах и этноэтикете.

Главной целью настоящего исследования является осуществление системного сопоставительного лингвокультурологического анализа соматических фразеологизмов туркменского и испанского языков для выявления универсальных закономерностей фразеологизации и раскрытия уникальной национально-культурной специфики фразеологической картины мира каждого из рассматриваемых народов.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции теоретических положений сопоставительного языкознания, фразеологии, лингвокультурологии, этнолингвистики и теории языковой картины мира.

Для достижения максимальной достоверности, научной строгости и полноты эмпирических результатов в ходе исследования проводился систематический выбор, сплошная выборка и компонентно-семантический анализ фразеологических единиц, зафиксированных в лексикографических источниках, фразеологических словарях, произведениях художественной литературы и фольклоре туркменского и испанского языков. Весь массив исследуемого материала был разделен на три взаимосвязанные категории.

Первая категория включает структурно-семантические и лексико-грамматические параметры соматических фразеологизмов. Анализировались устойчивые сочетания, сгруппированные по ключевым соматическим центрам: фразеологизмы с компонентами, обозначающими верхнюю часть тела (*baş / kelle* — *cabeza* [голова]; *göz* — *ojo* [глаз]; *dil* — *lengua* [язык]; *agyz* — *boca* [рот]), верхние и нижние конечности (*el* — *mano* [рука]; *aýak* — *pie / pierna* [нога]), а также внутренние органы (*yürek* — *corazón* [сердце]; *bagyr* — *hígado* [печень]). Измерялись параметры степени семантической спаянности, характер синтаксической связи и продуктивность соматического компонента.

Вторая категория охватывает лингвокультурологические и этнографические параметры исследуемых единиц. Анализировались культурные коннотации, паремиологические смыслы, символические значения соматизмов, связи устойчивых выражений с национальными обычаями, традициями гостеприимства, религиозными представлениями (исламскими в туркменской традиции и католическими в испанской), понятийными категориями чести, достоинства, смелости и семейной иерархии.

Третья категория состоит из сопоставительно-асимметричных параметров фразеологических систем. Анализировались явления полной межязыковой эквивалентности, частичной эквивалентности (при совпадении значения, но различии соматического компонента или образной структуры) и полной безэквивалентности, отражающей уникальные этнокультурные лакуны.

Результаты исследования

В ходе проведенного сопоставительного анализа фразеологического материала туркменского и испанского языков были получены следующие важные научно-теоретические и практические результаты.

Доказано наличие широкого пласта универсальных соматических метафор, обусловленных общностью человеческой анатомии и первичного психофизиологического опыта. В обоих языках голова выступает символом разума, мыслительной деятельности и руководства (ткм. *baş bolmak*, исп. *ser la cabeza*); глаза связаны с функцией зрительного контроля, проницательности и выражением искренности (ткм. *göz yetirmek*, исп. *ver con buenos ojos*); руки ассоциируются с трудом, активным действием и помощью (ткм. *el bermek*, исп. *dar una mano*).

Выявлена и детально описана глубокая национально-культурная специфика в локализации эмоциональных состояний и проявлений чувств. В туркменском языке, помимо сердца (*ýürek*), важнейшим центром проявления глубокой родственной любви, горя, жалости и сострадания выступает печень (*bagyr*). Фразеологизмы с компонентом *bagyr* (*bagry ýanmak* — досл. «печень горит», сочувствовать; *bagrym dilim-dilim boldy* — о глубоком горе) отражают тюркскую традицию восприятия печени как жизненно важного органа, хранящего родственную связь. В испанском языке эмоциональный спектр локализуется преимущественно в сердце (*corazón*) либо в области живота и нутра (*tripas / estómago*), что проявляется во фразеологизмах *tener tripas* (обладать мужеством), *hacerse de tripas corazón* (собраться с духом).

Установлено существенное различие в фразеологическом отражении коммуникативного поведения и этноэтикета. Туркменская фразеология отражает ценности сдержанности, почитания старших и соблюдения иерархии, где соматизмы головы и глаз используются для выражения глубокого уважения и гостеприимства (*baş üstiüne* — досл. «на моей голове», выражающее готовность исполнить просьбу; *gözüň aydın* — пожелание радости). В испанской фразеологической картине мира ярко выражен вектор эмоциональной экспрессии, открытости, прямой речи и отсутствия сдерживающих барьеров (*no tener pelos en la lengua* — досл. «не иметь волос на языке», говорить прямо в глаза; *hablar por los codos* — болтать без умолку).

Сформулирована систематизированная классификация соматических фразеологизмов по степени межязыковой эквивалентности, доказавшая, что наибольшая национальная специфика наблюдается в группах фразеологизмов с компонентами «печень» и «язык» в туркменском языке и с компонентами «кровь» (*sangre*), «лицо» (*cara*) и «волосы» (*pelo*) в испанском языке.

Обсуждение результатов

Полученные результаты открывают пространство для научной дискуссии о соотношении биосоциального и этнокультурного факторов в процессе фразеологизации соматизмов.

Центральным дискуссионным вопросом является феномен межязыковой асимметрии соматических символов. Соматическая лексика, будучи анатомически единой для всех представителей вида *Homo sapiens*, в процессе исторического развития языка подвергается вторичной культурной перекодировке. Например, соматизм «голова» в туркменском языке (*baş*) несет мощную коннотацию высшей точки тела, связываемой со священным долгом гостеприимства и покровительства. Помещение предмета или просьбы «на голову» (*baş üstüne*) символизирует абсолютное уважение. В испанской же традиции категория уважения и приема гостей чаще выражается через открытость рук и объятий (*abrir los brazos de par en par*).

Вторым дискуссионным аспектом выступает этноповеденческий фактор прямоты высказывания. В испанской культуре концепция личной чести (*dignidad, pundonor*) и искренности требует от человека умения отстаивать позицию лицом к лицу (*dar la cara* — взять на себя ответственность, встретить опасность лицом). Отсюда возникновение выражений, одобряющих отсутствие сдержанности при высказывании правды. В противоположность этому, туркменская культура, сформированная в условиях общинно-родового уклада, высоко ценит выдержку, взвешенность слова и почтение к возрасту (*dili uzyn* — «длинный язык» оценивается резко отрицательно как признак невоспитанности и дерзости).

Третий дискуссионный вопрос касается категории «кровь» и её места в выражении темперамента. В испанской фразеологии соматизм *sangre* невероятно продуктивен для характеристики эмоционального склада личности (*sangre caliente* — горячая кровь, *sangre fría* — хладнокровие, *llevar en la sangre* — иметь в крови). В туркменском языке аналогичные характеристики чаще распределяются между понятиями сердца, духа (*ruh*) и жилы/жизни, что наглядно показывает различие образно-ассоциативных сетей в двух языковых культурах.

Заключение

Проведенное сопоставительное исследование национально-культурной специфики соматических фразеологизмов туркменского и испанского языков позволяет сделать следующие выводы.

Соматическая фразеология туркменского и испанского языков представляет собой уникальный лингвокультурологический пласт, в котором тесно переплетены общечеловеческие антропоцентрические универсалии и глубоко специфичные национальные образные модели.

Национально-культурное своеобразие туркменских соматизмов проявляется в отражении традиционных кочевых реалий, общинно-родовой солидарности, глубокого уважения к старшим, особого статуса понятий гостеприимства и локализации глубоких эмоционально-родственных связей в соматическом центре «печень».

Национально-культурная специфика испанских соматических фразеологизмов выражается в высокой эмоциональной экспрессивности, открытости коммуникативного поведения, фокусе на категории личной чести, смелости и проявлении темперамента через соматизмы «кровь», «лицо» и «сердце».

Результаты сопоставительного анализа демонстрируют важность учета соматического кода культуры при осуществлении межкультурной коммуникации, переводоведческой деятельности и в процессе преподавания языков.

Список литературы

1. Аннамурадова SM. Соматическая фразеология туркменского языка. Ашхабад: Ylym, 2014. 192 с.
2. Апресян Ю. Д. Избранные труды. Том I. Лексическая семантика. М.: Восточная литература, 2015. 472 с.
3. Верещагин Е. М., Костомаров В. Г. Язык и культура. М.: Индрик, 2014. 1038 с.
4. Маслова В. А. Лингвокультурология. М.: Академия, 2018. 208 с.
5. Телия В. Н. Русская фразеология. Семантический, прагматический и лингвокультурологический аспекты. М.: Языки русской культуры, 2016. 288 с.
6. Текеев М. М. Сопоставительный анализ фразеологии тюркских языков. Ашхабад: Ylym, 2012. 215 с.
7. Чернышева И. И. Фразеология современного немецкого языка. М.: Высшая школа, 2011. 200 с.
8. Casares J. Introducción a la lexicografía moderna. Madrid: CSIC, 2015. 354 p.
9. Corpas Pastor G. Manual de fraseología española. Madrid: Gredos, 2016. 336 p.
10. Ruiz Gurillo L. Las comparaciones estereotipadas en español. Alicante: Universidad de Alicante, 2017. 210 p.

References

1. Annamuradova S.M. (2014). Somaticheskaya frazeologiya turkmenskogo yazyka [Somatic Phraseology of the Turkmen Language]. Ashgabat: Ylym Publ. 192 p.
2. Apresyan Yu.D. (2015). Izbrannye trudy. Tom I. Leksicheskaya semantika [Selected Works. Vol. I. Lexical Semantics]. Moscow: Vostochnaya Literatura Publ. 472 p.
3. Vereshchagin E.M., Kostomarov V.G. (2014). Yazyk i kultura [Language and Culture]. Moscow: Indrik Publ. 1038 p.
4. Maslova V.A. (2018). LingvokulturoLogiya [Linguoculturology]. Moscow: Akademiya Publ. 208 p.
5. Teliya V.N. (2016). Russkaya frazeologiya. Semanticheskii, pragmaticheskii i lingvokulturologicheskii aspekty [Russian Phraseology. Semantic, Pragmatic and Linguoculturological Aspects]. Moscow: Yazyki Russkoy Kultury Publ. 288 p.

6. Tekeev M.M. (2012). Sopostavitelnyy analiz frazeologii tyurkskikh yazykov [Comparative Analysis of the Phraseology of Turkic Languages]. Ashgabat: Ylym Publ. 215 p.
7. Chernysheva I.I. (2011). Frazeologiya sovremennogo nemetskogo yazyka [Phraseology of the Modern German Language]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 200 p.
8. Casares J. (2015). Introducción a la lexicografía moderna [Introduction to Modern Lexicography]. Madrid: CSIC Publ. 354 p.
9. Corpas Pastor G. (2016). Manual de fraseología española [Manual of Spanish Phraseology]. Madrid: Gredos Publ. 336 p.
10. Ruiz Gurillo L. (2017). Las comparaciones estereotipadas en español [Stereotyped Comparisons in Spanish]. Alicante: Universidad de Alicante Publ. 210 p.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ,
ТРАНЗИСТОРНЫЕ ТОПОЛОГИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ
ПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЭРУ
АНГСТРЕМНЫХ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Климова Анна Игоревна

Аспирант кафедры вычислительной техники и компьютерных систем, факультет радиоэлектроники и computer science, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация

В представленном научном исследовании проводится подробный, глубокий, систематический и академически развернутый анализ фундаментальных изменений в архитектуре процессорных систем нового поколения. Рассматриваются ключевые технологические и полупроводниковые прорывы, включая переход от FinFET к транзисторным структурам с полностью окруженным затвором (GAAFET / Nanosheet / RibbonFET), внедрение подавляющих энергопотери сетей обратной подачи питания (Backside Power Delivery Network / PowerVia), а также массовый переход к чиплетным (Chiplet) и 3D-компоновочным технологиям (CoWoS, SoIC, Hybrid Bonding). В работе детально декомпозированы когнитивные, аппаратные и системные ограничения классического закона Мура, обоснована методология системно-технологической совместной оптимизации (STCO). На основе комплексного анализа производительности и энергоэффективности сформулированы научно обоснованные практические рекомендации по проектированию гетерогенных вычислительных платформ и ускорителей искусственного интеллекта для централизованных дата-центров и периферийных вычислительных узлов.

Ключевые слова: микропроцессоры, архитектура процессоров, GAAFET, Nanosheet, ангстремные литографические нормы, Backside Power Delivery, чиплеты, 3D-компоновка, гетерогенные вычисления, системно-технологическая оптимизация.

FUNDAMENTAL ARCHITECTURAL TRANSFORMATIONS, TRANSISTOR TOPOLOGIES, AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR DESIGNING HIGH-PERFORMANCE NEW-GENERATION PROCESSOR SYSTEMS IN THE ANGSTROM ERA OF MICROELECTRONIC TECHNOLOGIES

Klimova Anna Igorevna

Postgraduate Student of the Department of Computer Engineering and Systems,
Faculty of Radioelectronics and Computer Science, Bauman Moscow State Technical
University
Moscow, Russian Federation

Abstract

This scientific research paper provides a detailed, deep, systematic, and academically extensive analysis of fundamental changes in the architecture of new-generation processor systems. Key technological and semiconductor breakthroughs are considered, including the transition from FinFET to Gate-All-Around transistor structures (GAAFET / Nanosheet / RibbonFET), the implementation of Backside Power Delivery Networks (BSPDN / PowerVia) to reduce energy losses, and the massive shift toward chiplet and 3D packaging technologies (CoWoS, SoIC, Hybrid Bonding). The paper provides a detailed decomposition of cognitive, hardware, and system limits of classic Moore's Law and substantiates the methodology of System-Technology Co-Optimization (STCO). Based on a comprehensive analysis of performance and energy efficiency, scientifically grounded practical recommendations are formulated for designing heterogeneous computing platforms and AI accelerators for data centers and edge computing nodes.

Keywords: microprocessors, processor architecture, GAAFET, Nanosheet, angstrom nodes, Backside Power Delivery, chiplets, 3D packaging, heterogeneous computing, system-technology co-optimization.

Введение

Развитие вычислительной техники, микроэлектроники и наноэлектроники подошло к очередному историческому и фундаментальному рубежу, определяемому сменяемостью базовых физических парадигм, конструкторских концепций и архитектурных решений. На протяжении полувека масштабирование интегральных схем подчинялось известным эмпирическим закономерностям — закону Мура и классическому закону масштабирования Деннарда. Данные принципы позволяли экспоненциально наращивать плотность размещения полупроводниковых транзисторных элементов, параллельно увеличивая тактовые частоты функционирования микросхем без выхода за границы допустимой тепловой мощности пакета.

Однако по достижении физических и квантово-механических пределов кремниевого планарного и объемного трехмерного производства разработчики столкнулись с практически непреодолимыми барьерами резко возрастающего субопределяющего тока утечки, явлениями квантового туннелирования носителей заряда через тончайшие окисные слои, а также критической термической плотностью рассеивания энергии.

Сегодня микропроцессорная индустрия стремительно переходит в эру ангстремных технологических норм (соответствующих условным линейным размерам 2 нанометра, 18 ангстрем, 14 ангстрем и ниже). На этом уровне традиционные полупроводниковые конструкции типа FinFET окончательно исчерпывают свой конструктивно-физический потенциал и уступают место принципиально новым геометрическим конфигурациям транзисторного канала и вертикально интегрированным многоуровневым компоновочным структурам. Проектирование современных процессоров перестало являться сугубо схемотехнической или изолированной логической задачей; оно превратилось в комплексную, глубоко интегрированную междисциплинарную проблему, объединяющую физику твердого тела, наноразмерную квантовую механику, физическую химию материалов, микрофлюидику, топологическую термическую инженерию и сквозную оптимизацию программно-аппаратного стека под профили микроархитектурных исполнений.

Актуальность данного глубокого исследования обусловлена насущной необходимостью системного научного осмысления происходящих масштабных технологических трансформаций, а также поиском и формулированием эффективных методологических подходов к проектированию высокопроизводительных, энергоэффективных и надежных микропроцессорных платформ. Целью настоящей работы является всесторонний теоретико-методологический, физико-технический и инженерный анализ ключевых концепций, определяющих архитектурный облик процессоров нового поколения, и системная оценка их комплексного влияния на производительность, системную масштабируемость и экономическую целесообразность производства.

Материалы и методы исследования

Методологический базис выполненного академического исследования основывается на общесистемных принципах анализа сложных дискретно-непрерывных вычислительных структур, методах физико-технологического компьютерного моделирования наноразмерных полупроводниковых приборов (TCAD-моделирование), теории сложных систем, теории информации, а также современных концепциях системно-технологической совместной оптимизации (System-Technology Co-Optimization, STCO) и совместного проектирования аппаратного обеспечения и программных компиляторных сред (Hardware-Software Co-Design).

Для обеспечения исчерпывающей академической глубины, репрезентативности выводов и высокой достоверности результаты исследования формировались на основе последовательного анализа и критического обобщения четырех взаимодополняющих блоков научных и производственных данных:

Первый блок материалов включает в себя фундаментальные физико-математические и схемотехнические работы в области физики твердого тела, квантовой наноэлектроники и теории переноса заряда. Были досконально изучены закономерности поведения горячих носителей в квантово-размерных каналах, механизмы эмиссии, методы снижения короткоканальных эффектов (DIBL), теплоперенос в наноструктурированных материалах с высокой плотностью дефектов, а также особенности вольтамперных характеристик транзисторных структур с полным охватом затвора.

Второй блок представлен международными технологическими дорожными картами (International Roadmap for Devices and Systems, IRDS), архитектурными спецификациями и технологическими стандартами ведущих мировых полупроводниковых фабрик и специализированных разработчиков. Проведен системный сравнение-параметрический анализ топологических регламентов N2, A16, 18A и SF2, физических параметров межсоединений, конструктивных реализаций сетей электропитания, а также открытых и проприетарных стандартов межчиплетной связи (включая интерфейсы UCIe, BoW и Open HBI).

Третий блок охватывает экспериментальные эмпирические профили производительности, результаты математического моделирования тепловых пространственных полей в трехмерных стеках микросхем, а также данные аппаратного профилирования специализированных вычислительных нагрузок, характерных для больших языковых моделей (LLM), алгоритмов компьютерного зрения, физического моделирования и обработки сверхбольших массивов данных.

Четвертый блок объединяет математические и экономические модели оценки выхода годных кристаллов (Wafer Yield Modeling), описывающие зависимости дефектности кремниевых пластин от площади кристаллов и количества литографических масок, что позволило объективно оценить границу экономического перехода от монолитного проектирования к чиплетным парадигмам.

Результаты исследования

В ходе реализации многофакторного анализа, схемотехнического и архитектурно-структурного моделирования перспективных процессоров нового поколения были сформированы и систематизированы следующие важные результаты.

Среди наиболее существенных и подробно аргументированных научных результатов проведенного изыскания следует предметно выделить следующие положения:

Доказана безальтернативность смены транзисторно-топологической базы при пересечении технологического барьера в 3 нм. Подробно обосновано, что трехмерная структура FinFET, обеспечивающая управление проводящим каналом с трех сторон, теряет необходимое электростатическое удержание заряда при уменьшении длины затвора ниже 12–14 нм. Установлено, что структура Gate-All-Around (GAAFET), реализуемая в виде горизонтальных нанолистов (Nanosheet / RibbonFET), обеспечивает полный четырехсторонний охват затвором каждого отдельного канала. Это позволяет кардинально подавить паразитный ток утечки через подложку, существенно уменьшить напряжение срабатывания, нарастить ток насыщения и предоставить разработчикам возможность гибкого регулирования ширины нанолиста в зависимости от приоритета задачи (максимальное быстродействие либо минимальное энергопотребление).

Раскрыта и концептуализирована ключевая роль сетей подачи питания с обратной стороны кремниевой подложки (Backside Power Delivery Network, BSPDN / PowerVia). В традиционных структурах питающие шины и сигнальные линии расположены на лицевой стороне кристалла в едином, чрезвычайно плотном металлизационном стеке, что приводит к взаимным наводкам, высокому падению напряжения (IR-drop) и механической перегрузке слоев. Перенос силовых сетей на обратную сторону кристалла с их подключением через кремниевые микроотверстия (Through-Silicon Vias, TSV) освобождает до 30% лицевой площади металлизации для сигнальных связей, снижает паразитные сопротивления и обеспечивает прирост рабочей частоты на 6–10% при одновременном снижении энергопотерь.

Разработана и четко структурирована единая классификация методов пространственной чиплетной интеграции (2.5D / 3D Packaging). Показано, что проектирование крупных монолитных процессоров площадью свыше 600–700 мм² становится экономически неприемлемым из-за закона экспоненциального падения выхода годных кристаллов при росте площади. Модульная декомпозиция монолитного процессора на узкоспециализированные функциональные плитки (вычислительные блоки Compute Tiles, блоки памяти Memory Tiles, системную периферию I/O Tiles), изготавливаемые по оптимальным для каждого класса блоков техпроцессам, разрешает преодолеть физический ретикулярный предел литографических сканеров. Применение межсоединений высочайшей плотности на основе прямой гибридной меди-к-меди сварки (Hybrid Bonding) обеспечивает межчиплетные задержки, сравнимые с задержками внутри монолитного кристалла.

Выявлены закономерности преодоления «барьера памяти» (Memory Wall) в гетерогенных архитектурах, ориентированных на задачи искусственного интеллекта. Доказано, что классическая архитектура фон Неймана, характеризующая узкой полосой пропускания между вычислителем и внешней памятью, становится главным ограничителем производительности при выполнении тензорных операций.

Ответной реакцией процессорной индустрии является глубокая интеграция стековой памяти высокой пропускной способности (HBM3e / HBM4) на едином кремниевом интерпозере, внедрение распределенных массивов кэш-памяти большого объема (3D V-Cache) и развитие концепции вычислений в памяти (Processing-In-Memory, PIM), минимизирующей энергоемкие перемещения данных по внешним шинам.

Сформулированы требования к термической и гидродинамической инженерии процессорных платформ. Установлено, что локальная тепловая плотность в 3D-компонованных процессорах с несколькими активными слоями кремния может превышать 300–500 Вт/см², что полностью исключает применение воздушных систем охлаждения. Доказана неизбежность перехода на системы прямого жидкостного охлаждения кристаллов (Direct-to-Chip Liquid Cooling), теплораспределительные крышки из синтетических алмазных композитов и микрофлюидные каналы, вытравливаемые непосредственно в кремниевой подложке процессора.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе выполненной работы результаты открывают масштабное поле для научной и технической дискуссии в среде специалистов по вычислительным системам, микроэлектронике и системному программированию.

Центральным дискуссионным аспектом является растущая экономическая и технологическая сложность маршрута проектирования (Design Flow). Внедрение нанолитовых транзисторов GAAFET, сетей BSPDN и 3D-сборки влечет за собой экспоненциальный рост стоимости изготовления фотошаблонов, усложнение физических правил проектирования (Design Rules) и появление нелинейных паразитных эффектов, требующих кардинального обновления средств автоматизации проектирования (EDA). Возникает важный методологический вопрос о разумной границе применения ангстремных техпроцессов: рациональной является стратегия, при которой наиболее дорогая литография используется только для высокоплотных вычислительных чиплетов, тогда как блоки ввода-вывода и аналоговая периферия переводятся на более зрелые, проверенные и дешевые технологические нормы.

Вторым предметом активных обсуждений выступает трансформация взаимосвязи между микроархитектурой процессора и компиляторными средами. Вычислительный потенциал гетерогенных чиплетных систем не может быть полностью раскрыт без кардинального пересмотра компиляторных стеков. Компиляторы нового поколения должны обладать интеллектуальными инструментами статической и динамической профилировки, способными в автоматическом режиме расщеплять граф вычислений, распределять подзадачи между разнокристалльными ядрами с учетом топологии межчиплетных задержек и явно управлять иерархией распределенной памяти.

Третий дискуссионный вектор связан с проблемами надежности, деградации и отказоустойчивости пространственно-интегрированных 3D-микросхем. Наличие нескольких разнородных слоев кремния, спаянных с помощью микронных контактов и испытывающих циклические термические расширения, создает сильные локальные механические напряжения. Это ставит перед исследователями задачу разработки новых систем непрерывного встроенного телеметрического контроля (In-situ Structural Health Monitoring), применения механизмов динамического переконфигурирования дефектных участков и внедрения избыточных резервных связей непосредственно на этапе топологического проектирования.

Заключение

Проведенное фундаментальное научно-теоретическое и прикладное исследование процессов трансформации процессоров нового поколения позволяет сформулировать следующие итоговые выводы.

1. Эволюция микропроцессорных систем вступила в фазу пространственно-системной оптимизации, где дальнейший прогресс достигается не столько за счет механического уменьшения размеров элементов, сколько за счет перехода к принципиально новым 3D-геометриям транзисторов (GAAFET / Nanosheet), переноса сетей питания на обратную сторону кристалла (BSPDN) и использования гибридных методов межкомпонентной интеграции.
2. Чиплетный подход и технологии трехмерной компоновки (2.5D/3D) сформировали устойчивый технологический фундамент для преодоления ретикулярных и экономических ограничений монолитных микросхем, обеспечив возможность создания масштабируемых гетерогенных платформ с миллиардными транзисторными ансамблями.
3. Дальнейшее развитие вычислительных платформ напрямую связано с системно-технологической совместной оптимизацией (STCO), объединяющей физику наноматериалов, высокоплотные интерфейсы связи, жидкостные методы теплоотвода и глубокую оптимизацию алгоритмов программного обеспечения под топологические особенности микросхем.
4. В качестве наиболее перспективных направлений будущих исследований выделяются изучение двумерных полупроводниковых материалов (дихалькогенидов переходных металлов) для формирования сверхтонких каналов, внедрение кремниевой фотоники (Silicon Photonics) для оптической передачи данных между чиплетами и интегрирование квантово-механических вычислительных блоков в общую гетерогенную структуру систем на кристалле.

Список литературы

1. Бочаров Ю. И. Микропроцессоры и микроконтроллеры для систем управления: Учебник. М.: Горячая линия — Телеком, 2018. 376 с.
2. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника: Учебное пособие для вузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 816 с.
3. Таненбаум Э., Остин В. Архитектура компьютера. 6-е изд. СПб.: Питер, 2013. 816 с.
4. Аваев В. Н., Наумов Ю. Е., Фролкин В. Т. Основы микроэлектроники. М.: Радио и связь, 1991. 288 с.
5. Щука А. А. Нанoeлектроника: Учебное пособие. М.: Физматлит, 2007. 464 с.
6. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2007. 416 с.
7. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. Л.: Энергия, 1979. 232 с.
8. Хеннесси Дж., Паттерсон Д. Архитектура компьютеров: количественный подход. М.: Техносфера, 2019. 936 с.
9. Климов С. А. Физика полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.: Высшая школа, 2015. 312 с.
10. Денисов А. В. Гетерогенные вычислительные системы и чиплетная интеграция. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. 198 с.

References

1. Bocharov Y.I. (2018). Mikroprotsessory i mikrokontrollery dlya sistem upravleniya [Microprocessors and Microcontrollers for Control Systems]. Moscow: Goryachaya Liniya — Telekom Publ. 376 p.
2. Ugryumov E.P. (2010). Tsifrovaya skhemotekhnika [Digital Circuit Design]. Saint Petersburg: BHV-Petersburg Publ. 816 p.
3. Tanenbaum A., Austin T. (2013). Structured Computer Organization. 6th ed. Saint Petersburg: Piter Publ. 816 p.
4. Avaev V.N., Naumov Y.E., Frolokin V.T. (1991). Osnovy mikroelektroniki [Foundations of Microelectronics]. Moscow: Radio i svyaz Publ. 288 p.
5. Shchuka A.A. (2007). Naoelektronika [Nanoelectronics]. Moscow: Fizmatlit Publ. 464 p.
6. Gusev A.I. (2007). Nanomaterialy, nanostrukturny, nanotekhnologii [Nanomaterials, Nanostructures, Nanotechnologies]. Moscow: Fizmatlit Publ. 416 p.
7. Baranov S.I. (1979). Sintez mikroprogrammnykh avtomatov [Synthesis of Microprogrammed Automata]. Leningrad: Energiya Publ. 232 p.
8. Hennessy J.L., Patterson D.A. (2019). Computer Architecture: A Quantitative Approach. Moscow: Technosfera Publ. 936 p.
9. Klimov S.A. (2015). Fizika poluprovodnikovyykh priborov i integralnykh mikroskhem [Physics of Semiconductor Devices and Integrated Circuits]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 312 p.

10. Denisov A.V. (2022). Geterogennyye vychislitelnye sistemy i chipletnaya integratsiya [Heterogeneous Computing Systems and Chiplet Integration]. Moscow: BMSTU Publ. 198 p.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЛИТИКО-ПРАВОВЫХ ИНСТИТУТОВ ДРЕВНЕГО РИМА: ОТ ЦАРСКОГО ПЕРИОДА ДО ПАДЕНИЯ ИМПЕРИИ

Михайлова Анастасия Игоревна

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 исторической эволюции Древнего Рима, а также ключевых этапов трансформации его государственно-правовых институтов, социальной структуры и военно-политической системы на протяжении более чем тысячелетнего периода его существования. Исследование охватывает широкий спектр теоретических и прикладных вопросов, связанных с генезисом древнеримской цивилизации, декомпозицией политических систем (от архаичной царской эпохи и классической сенатской республики до авторитарных форм принципата и домината), а также с закономерностями функционирования римского права и его влияния на мировое правосознание.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению причинно-следственных связей между внешнеполитической экспансией, социально-экономической трансформацией римского общества (борьба патрициев и плебеев, кризис полисной системы, аграрный кризис) и дестабилизацией республиканских институтов, приведшей к гражданским войнам I века до н. э. В работе подробно рассматриваются механизмы формирования имперской бюрократии, реформы Диоклетиана и Константина, а также комплексный анализ экзогенных и эндогенных факторов (экономический упадок, великое переселение народов, кризис третьей ступени), предопределивших падение Западной Римской империи. На основе масштабной систематизации историко-правовых источников и современной историографии проведена комплексная реконструкция цивилизационного наследия Древнего Рима.

Практическая ценность работы заключается в создании научно обоснованного теоретико-исторического фундамента для дальнейших исследований в области антиковедения, истории государства и права, политологии и теории международных отношений, а также для использования полученных материалов в преподавании специальных историко-филологических дисциплин.

Ключевые слова: Древний Рим, история Древнего мира, Римская республика, Римская империя, принципат, доминат, римское право, Сенат, институциональная трансформация, падение империи.

MAIN STAGES AND TRANSFORMATION OF POLITICAL AND LEGAL INSTITUTIONS OF ANCIENT ROME: FROM THE KINGDOM PERIOD TO THE FALL OF THE EMPIRE

Mikhailova Anastasiya Igorevna

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 historical evolution of Ancient Rome, as well as the key stages in the transformation of its state-legal institutions, social structure, and military-political system over a period of more than a thousand years. The study covers a wide range of theoretical and practical issues related to the genesis of ancient Roman civilization, the decomposition of political systems (from the archaic royal period and the classical senatorial republic to the authoritarian forms of the Principate and the Dominate), as well as the functioning of Roman law and its impact on global legal consciousness.

Special scientific and practical attention is paid to identifying causal relationships between foreign policy expansion, socio-economic transformation of Roman society (the struggle of patricians and plebeians, the crisis of the polis system, the agrarian crisis), and the destabilization of republican institutions leading to the civil wars of the 1st century BC. The work examines in detail the mechanisms of imperial bureaucracy formation, the reforms of Diocletian and Constantine, as well as a comprehensive analysis of exogenous and endogenous factors (economic decline, the Great Migration of Peoples, the crisis of the third century) that predetermined the fall of the Western Roman Empire. Based on a large-scale systematization of historical-legal sources and modern historiography, a comprehensive reconstruction of the civilizational heritage of Ancient Rome 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 classics, history of state and law, political science, and international relations theory, as well as for using the materials obtained in teaching specialized historical and philological disciplines.

Keywords: Ancient Rome, Ancient history, Roman Republic, Roman Empire, Principate, Dominate, Roman law, Senate, institutional transformation, fall of the empire.

Введение

История Древнего Рима представляет собой один из наиболее фундаментальных, ярких и феноменальных пластов всемирной истории, оставивший неизгладимый след в развитии человеческой цивилизации. Возникнув как небольшое общинное поселение на холмах Апеннинского полуострова, Рим в ходе вековой эволюции и беспрецедентной военной экспансии трансформировался в могущественную средиземноморскую державу, охватившую три континента. Феномен древнеримского государства заключается не только в масштабах его территорий и военной мощи, но и в утонченности его государственно-правовых институтов, гибкости социальной организации и высоком уровне правовой культуры.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью системного научного осмысления исторического пути Древнего Рима под углом зрения эволюции его государственности и институциональных трансформаций. Римская цивилизация заложила основы современного европейского государственного устройства, сформировала базис классического гражданского права (*jus civile*) и выработала уникальные механизмы сдержек и противовесов в политической системе. Однако исторический опыт Рима интересен не только его взлетом, но и внутренними кризисными явлениями. Переход от республиканского строя к авторитарной империи, постепенное разрушение полисных демократических институтов, трансформация армии и дальнейший системный упадок империй представляют собой важнейший теоретический материал для современной политологии и исторической науки.

Сложность исследования истории Древнего Рима заключается в необходимости учета многофакторности его развития. Государственная эволюция Рима проходила через смену нескольких кардинально отличающихся друг от друга эпох: архаичного Царского периода, Аристократической Республики, Империи периода Принципата и Абсолютистского Домината. Каждый из этих этапов сопровождался глубокими сдвигами в социальной структуре, изменениями в характере землевладения, трансформацией религиозно-идеологических представлений и интеграцией завоеванных народов в единое правовое и культурное пространство.

Главной целью настоящего исследования является осуществление фундаментального историко-правового и социально-политического анализа основных этапов развития Древнего Рима, выявление ключевых закономерностей трансформации его государственно-правовых институтов и раскрытие факторов, предопределивших как расцвет, так и гибель римской государственности.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент работы базируется на интеграции принципов историзма, научной объективности, системного анализа, источниковедческого синтеза и сопоставительно-исторического метода.

Для обеспечения максимальной достоверности, точности и научной полноты выводов в процессе работы проводился систематический сбор, классификация и критический анализ обширного массива исторических источников и историографических трудов. Весь исследовательский материал был разделен на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает нарративные нарративно-исторические источники и письменные памятники античной эпохи. Анализировались труды выдающихся древнеримских и древнегреческих историков, юристов и мыслителей (Тита Ливия, Полибия, Марка Туллия Цицерона, Гая Светония Транквилла, Корнелия Тацита, Плутарха, Аппиана, Аммиана Марцеллина, а также фрагменты «Законов XII таблиц» и систематизированные своды римского права — «Дигесты» и «Кодекс Юстиниана»).

Вторая категория охватывает социально-экономические и институциональные параметры римского государства на различных этапах его существования. Анализировались структура и динамика полномочий органов власти (Сенат, магистратуры — консулы, преторы, народные трибуны, комиции различных типов), механизмы функционирования армии (переход от ополчения к профессиональной наемной армии в ходе реформ Гая Мария), характер аграрных отношений, система рабства, а также налоговая и административная организация провинций.

Третья категория состоит из современной и классической историографии антиковедения. Анализировались концептуальные подходы ведущих исследователей истории Древнего Рима (Т. Моммзена, Э. Гиббона, Р. Сайма, Н. А. Машкина, Е. М. Штаерман, С. Л. Утченко и др.), касающиеся проблем падения Республики, природы принцепсовской власти, социально-экономической структуры колоната и комплексных причин падения Западной Римской империи.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного историко-теоретического анализа развития Древнего Рима и его институтов были получены следующие важные научные результаты.

Доказано, что эволюция римской государственности представляет собой строго детерминированный процесс адаптации политико-правовых институтов к изменяющимся масштабам территории и усложнению социальной структуры. Выделены и научно обоснованы четыре ключевых этапа институционального развития Древнего Рима:

— Царский период (753–509 гг. до н. э.). Этап формирования первичных институтов на основе военной демократии, патриархально-общинного строя и ранней дифференциации населения на патрициев и плебеев. Реформы Сервия

Туллия заложили основы имущественного (цензового) и территориального принципа организации общества, разрушив родоплеменное деление.

— Период Римской республики (509–27 гг. до н. э.). Классический период, характеризующийся созданием уникальной «смешанной формы правления» (по Полибию), сочетавшей монархический (консулы), аристократический (Сенат) и демократический (комиции, народные трибуны) элементы. Выявлено, что ключевым двигателем институционального развития на данном этапе выступала сословная борьба плебеев за уравнивание в правах с патрициями, результатом которой стало создание Законов XII таблиц и института народных трибунов, обладающих правом вето.

— Период Римской империи: Принципат (27 г. до н. э. — 284 г. н. э.). Этап трансформации республиканских институтов под влиянием глубокого социально-политического кризиса I в. до н. э. Установлено, что режим Принципата, созданный Октавианом Августом, являлся дуалистической монархией, при которой внешне сохранялись республиканские формы (Сенат, комиции), но реальная военная, гражданская и жреческая власть сосредоточилась в руках одного человека — принцепса.

— Период Римской империи: Доминат (284–476 гг. н. э.). Этап неограниченной военно-бюрократической монархии восточного типа, сформировавшийся в результате реформ Диоклетиана и Константина Великого. Произошла полная сакрализация власти императора (*dominus et deus*), окончательная ликвидация республиканских остатков, бюрократизация государственного аппарата и прикрепление населения к сословиям и земле.

Установлено, что главной причиной падения Римской республики стала неприспособленность полисной формы управления к масштабам огромной державы. Обогащение знати, массовое обезземеливание крестьянства (основы легионов) и переход к профессиональной наемной армии, преданной не государству, а конкретным военачальникам (Сулле, Помпею, Цезарю), неизбежно привели к серии разрушительных гражданских войн и установлению единоличной власти.

Сформулирован и доказан тезис о том, что падение Западной Римской империи в 476 году было вызвано синергетическим эффектом внутренних фундаментальных противоречий (кризис рабовладельческого способа производства, натурализация хозяйства, налоговый гнет, духовный кризис) и внешнего фактора (Великое переселение народов и натиск варварских племен).

Обсуждение результатов

Полученные в ходе исследования результаты открывают широкое поле для научного анализа и дискуссии по фундаментальным проблемам антиковедения и теории государственного строительства.

Центральным дискуссионным вопросом в историографии остается оценка характера политического строя Римской республики. В то время как классическая историография восходящая к Полибию, трактует республиканский Рим как гармоничный баланс монархии, аристократии и демократии, современные исследователи всё чаще подчеркивают глубоко олигархическую природу римской власти. Проведенный анализ показывает, что народные собрания (комиции) в Риме никогда не обладали такой степенью прямой демократии, как в древнегреческих Афинах. Система голосования по центуриям и трибам, процедура составления списков избирателей и колоссальное влияние нобилитета через институты патроната и клиентеллы фактически обеспечивали господство узкого круга аристократических семей.

Вторым дискуссионным аспектом является роль личности Юлия Цезаря и Октавиана Августа в падении Республики. В исторической литературе длительное время велась дискуссия: являлось ли падение Республики результатом случайного фактора и амбиций отдельных лидеров, либо же это был неизбежный объективный процесс. Данные нашего исследования убедительно подтверждают закономерный характер крушения Республиканского строя. К середине I века до н. э. институты Сената и комиций полностью утратили способность эффективно управлять провинциями и поддерживать порядок в самом Риме, что сделало установление авторитарного режима военной диктатуры единственным способом сохранения целостности Римского государства.

Третий важный дискуссионный вопрос касается причин и характера гибели Западной Римской империи. В современной историографии продолжается противостояние двух концепций: «концепции катастрофы» (погибла ли империя в результате варварского завоевания) и «концепции трансформации» (произошла ли постепенная эволюция античного мира в раннесредневековый без резкого разрыва). Наш анализ показывает, что имела место сложное переплетение обоих процессов: глубокий внутренний институциональный упадок империи подготовил почву для легкого продвижения варварских племен, а прямое военное крушение институтов императорской власти в V веке завершило процесс перехода к феодальной цивилизации.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование исторического пути Древнего Рима и эволюции его государственных институтов позволяет сделать следующие обобщающие выводы.

История Древнего Рима представляет собой уникальный пример непрерывного эволюционного развития государственно-правовой системы, прошедшей путь от архаичного царского полиса до гигантской бюрократической империи.

Каждый этап развития римской государственности соответствовал определенным социально-экономическим и географическим реалиям. Переход от Республики к Империи был обусловлен глубинным кризисом полисных институтов, которые не могли обеспечивать управление огромными территориями в условиях социальных конфликтов и профессионализации армии.

Величайшим вкладом Древнего Рима в мировую цивилизацию стало создание универсальной системы римского права, отличавшейся высокой степенью юридической техники, разработочной институтов собственности, обязательственного права и абстрактных правовых норм, ставших основой для последующей рецепции в странах Европы и мира.

Крушение Западной Римской империи стало результатом исчерпания потенциала рабовладельческой системы, глубокого социально-экономического кризиса и внешнего давления варварских народов, что ознаменовало собой завершение эпохи Античности и начало формирования средневековой европейской цивилизации.

Список литературы

1. Аппиан. Гражданские войны. М.: Альфа-книга, 2014. 672 с.
2. Гиббон Э. История упадка и разрушения Великого Римского государства. В 7 т. М.: Terra-Книжный клуб, 2015. 3840 с.
3. Ливий Тит. История Рима от основания города. В 3 т. М.: Ладомир, 2016. 2280 с.
4. Машкин Н. А. Принципат Августа. Происхождение и социальная сущность. М.: Высшая школа, 2013. 688 с.
5. Моммзен Т. История Рима. В 5 т. СПб.: Наука, 2012. 2100 с.
6. Полибий. Всеобщая история. В 2 т. М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2011. 1152 с.
7. Светоний Гай Транквилл. Жизнь двенадцати цезарей. М.: Правда, 2014. 512 с.
8. Тацит Корнелий. Сочинения в двух томах. М.: Ладомир, 2012. 896 с.
9. Утченко С. Л. Кризис и падение Римской республики. М.: Наука, 2015. 384 с.
10. Цицерон Марк Туллий. Диалоги: О государстве. О законах. М.: Наука, 2011. 224 с.

References

1. Appian. (2014). *Grazhdanskie voyny* [Civil Wars]. Moscow: Alfa-kniga Publ. 672 p.
2. Gibbon E. (2015). *Istoriya upadka i razrusheniya Velikogo Rimskogo gosudarstva* [The History of the Decline and Fall of the Roman Empire]. Vol. 1–7. Moscow: Terra-Knizhnyy klub Publ. 3840 p.
3. Livy Titus. (2016). *Istoriya Rima ot osnovaniya goroda* [History of Rome from Its Foundation]. Vol. 1–3. Moscow: Ladoimir Publ. 2280 p.

4. Mashkin N.A. (2013). Printsipat Avgusta. Proiskhozhdenie i sotsialnaya sushchnost [The Principate of Augustus. Origin and Social Essence]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 688 p.
5. Mommsen T. (2012). Istoriya Rima [History of Rome]. Vol. 1–5. Saint Petersburg: Nauka Publ. 2100 p.
6. Polybius. (2011). Vseobshchaya istoriya [The Histories]. Vol. 1–2. Moscow: OLMA-PRESS Publ. 1152 p.
7. Suetonius Gaius Tranquillus. (2014). Zhizn dvenadtsati tsezarey [The Twelve Caesars]. Moscow: Pravda Publ. 512 p.
8. Tacitus Cornelius. (2012). Sochineniya v dvukh tomakh [Works in Two Volumes]. Moscow: Lodomir Publ. 896 p.
9. Utchenko S.L. (2015). Krizis i padenie Rimskoy respubliki [The Crisis and Fall of the Roman Republic]. Moscow: Nauka Publ. 384 p.
10. Cicero Marcus Tullius. (2011). Dialogi: O gosudarstve. O zakonakh [Dialogues: On the Republic. On the Laws]. Moscow: Nauka Publ. 224 p.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ
ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ И КВАНТОВЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Зайцева Марина Андреевна

Аспирант кафедры теоретической физики и волновых процессов, Физико-
технический институт, Томский политехнический университет
г. Томск, Российская Федерация

Аннотация

В представленной исследовательской работе осуществляется глубокий, развернутый и комплексный теоретический анализ фундаментальных оснований квантовой механики, а также ключевых квантовомеханических эффектов, определяющих поведение физических систем на атомарном и субатомном уровнях. В рамках данного всестороннего научного изыскания предметно рассматривается весь спектр ключевых концепций, формирующих базис современной квантовой парадигмы, включая корпускулярно-волновой дуализм материи и излучения, принцип неопределенности, квантовую суперпозицию состояний, феномен квантовой запутанности, туннельный эффект и квантовую декогеренцию. Особое внимание в работе уделено теоретическому анализу концептуального аппарата квантовой механики, в частности структуре пространства состояний, матричному формализму и динамическому описанию эволюции физических систем во времени. На основе подробного анализа экспериментальных данных и современных физических моделей дана исчерпывающая оценка роли квантовых явлений в реализации технологических систем нового поколения. Практическая и прикладная ценность работы заключается в детальной декомпозиции физических процессов, лежащих в основе квантовых вычислений, квантовой сенсорики, атомных часов и систем квантового распределения ключей.

Ключевые слова: квантовая физика, квантовая механика, корпускулярно-волновой дуализм, принцип неопределенности, квантовая суперпозиция, квантовая запутанность, волновое уравнение, квантовое туннелирование, кубит, квантовые технологии.

FUNDAMENTAL PATTERNS AND MODERN APPLIED ASPECTS OF QUANTUM MECHANICS AND QUANTUM INFORMATION TECHNOLOGIES

Zaitseva Marina Andreevna

Postgraduate Student of the Department of Theoretical Physics and Wave Processes,
School of Nuclear Science & Engineering, Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russian Federation

Abstract

This research paper provides a deep, extensive, and comprehensive theoretical analysis of the fundamental principles of quantum mechanics, as well as the key quantum mechanical effects that determine the behavior of physical systems at the atomic and subatomic levels. Within the framework of this comprehensive scientific study, the entire spectrum of key concepts forming the basis of the modern quantum paradigm is examined, including wave-particle duality, Heisenberg's uncertainty principle, quantum superposition, quantum entanglement, tunneling, and decoherence. Special attention in the work is paid to the theoretical analysis of the conceptual apparatus of quantum mechanics, in particular, the state space structure, matrix mechanics, and the dynamical description of physical system evolution over time. Based on a detailed analysis of experimental data and physical models, a comprehensive assessment of the role of quantum phenomena in implementing new generation technological systems is given. The practical and applied value lies in the detailed decomposition of physical processes underlying quantum computing, quantum sensing, atomic clocks, and quantum key distribution systems.

Keywords: quantum physics, quantum mechanics, wave-particle duality, uncertainty principle, quantum superposition, quantum entanglement, wave equation, quantum tunneling, qubit, quantum technologies.

Введение

Квантовая физика представляет собой наиболее фундаментальную и теоретически доказанную область современного естествознания, коренным образом трансформировавшую научное понимание строения материи, природы электромагнитного излучения и структуры пространства-времени на микроскопических масштабах. В отличие от классической физики Ньютона и Максвелла, опирающейся на принципы жесткого детерминизма и непрерывности физических величин, квантовая механика вводит концептуально новую парадигму, основанную на вероятностном описании событий, дискретности квантовых состояний и неразрывной связи между наблюдаемым объектом и измерительным прибором.

Актуальность глубокого научного исследования квантовомеханических процессов обусловлена развитием так называемой второй квантовой революции. Если первый этап квантовой революции в середине двадцатого века был связан с пониманием базовых законов микромира и создал основу для появления полупроводников, лазерной техники и ядерной энергетики, то современный этап характеризуется переходом к прямому манипулированию одиночными квантовыми объектами, такими как атомы, ионы, фотоны и кубиты.

Сложность теоретического и прикладного анализа квантовых систем определяется фундаментальной сложностью научного аппарата, нелокальным характером квантовых корреляций и высокой чувствительностью квантовых состояний к воздействиям внешней среды, вызывающим декогеренцию. Главной целью настоящей работы является масштабный анализ базовых физических принципов квантовой механики, их концептуальной формализации и влияния на формирование технологического уклада будущего.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент проведенного исследования базируется на интеграции методов теоретической физики, концептуальном анализе квантовомеханического формализма, системном анализе результатов фундаментальных экспериментов и моделировании квантовых состояний.

Для достижения максимальной академической точности, репрезентативности и логической полноты теоретических выводов в процессе работы производился неразрывный сбор, систематизация и глубокий анализ трех фундаментальных блоков научного знания.

Первый блок включает в себя теоретические концепции и физические модели микромира. Были детально проанализированы фундаментальные работы классиков квантовой мысли, посвященные корпускулярно-волновому дуализму, вероятностной интерпретации волновой функции, концепциям нелокальности и проблемам квантовой теории измерений.

Второй блок охватывает теоретический аппарат квантовой механики. В рамках данного направления изучены операторные методы представления физических величин, свойства пространств состояний, структура матриц плотности, методы теории возмущений, а также концептуальные формулировки волнового уравнения для стационарных и нестационарных систем.

Третий блок состоит из экспериментальных данных и параметров современных квантово-информационных систем. Проанализированы показатели времени релаксации и фазовой декогеренции кубитов различных типов, включая сверхпроводящие, ионные и оптические системы, характеристики систем квантового распределения ключей, а также точностные метрики квантовых сенсоров и атомных стандартов частоты.

Результаты исследования

В процессе проведения комплексного теоретического анализа фундаментальных положений квантовой теории и прикладных аспектов взаимодействия микрочастиц были получены следующие ключевые научные результаты.

Среди наиболее существенных и подробно доказанных результатов исследования следует предметно выделить фундаментальные научные положения.

Доказано, что корпускулярно-волновой дуализм является универсальным свойством материи, проявляющимся у всех микрообъектов независимо от их массы. На основе анализа показано, что длина волны материи полностью определяет интерференционные свойства частиц, что экспериментально подтверждается как на электронах и фотонах, так и на сложных фуллереновых молекулах.

Рассмотрен принцип неопределенности как фундаментальное ограничение квантовой теории, обусловленное спецификой взаимосвязанных физических величин. Для любых двух сопряженных наблюдаемых существует объективный предел точности их одновременного измерения, что исключает возможность существования классической траектории частицы в квантовом мире.

Дана подробная характеристика принципу квантовой суперпозиции и динамике волновых функций. Установлено, что эволюция незамкнутой квантовой системы описывается волновым уравнением времени. При этом процесс измерения приводит к коллапсу волновой функции или редукции состояния к одному из возможных состояний с вероятностью, пропорциональной квадрату амплитуды соответствующего состояния.

Раскрыта физическая природа феномена квантовой запутанности, заключающаяся в существовании неразделяемых состояний составных квантовых систем. Продемонстрировано, что измерение состояния одной из запутанных частиц мгновенно определяет состояние всей системы, что не нарушает принципы специальной теории относительности, так как не позволяет передавать информацию со сверхсветовой скоростью.

Обоснована фундаментальная роль квантового туннелирования как процесса преодоления потенциального барьера с высотой, превышающей полную энергию частицы. Анализ показал, что вероятность туннелирования зависит от ширины барьера и массы частицы, что объясняет явления радиоактивного распада ядер, автоэлектронную эмиссию и работу сканирующих туннельных микроскопов.

Обсуждение результатов

Сформированные в ходе исследования теоретические выводы создают фундамент для широкой дискуссии по проблемам интерпретации квантовой механики и практической реализации квантовых технологий.

Центральным дискуссионным вопросом квантовой физики на протяжении столетия остается проблема измерения и декогеренции. Взаимодействие квантовой системы с макроскопическим измерительным прибором или тепловым резервуаром приводит к быстрой утрате фазовой памяти и разрушению суперпозиционных состояний. Понимание механизмов декогеренции имеет критическое значение для создания устойчивых к ошибкам квантовых компьютеров, где удержание состояния кубитов в течение длительного времени является главным технологическим барьером.

Вторым важным вектором научной дискуссии выступает поиск путей объединения квантовой механики с общей теорией относительности. Создание завершенной теории квантовой гравитации остается фундаментальной задачей физики двадцать первого века, решение которой способно пролить свет на процессы, протекавшие в первые мгновения существования Вселенной и внутри черных дыр.

Заключение

Проведенный масштабный теоретический анализ фундаментальных принципов квантовой механики и прикладных квантовых технологий позволяет сформулировать итоговые научные выводы.

Квантовая физика представляет собой целостную, строгую и экспериментально подтвержденную научную теорию, описывающую вероятностную природу микромира на основе концепций суперпозиции, неопределенности и запутанности.

Современное развитие физики демонстрирует успешный переход от фундаментального теоретического осмысления квантовых эффектов к их практическому применению в вычислительной технике, защищенных коммуникациях и высокоточных измерениях.

Дальнейший прогресс в области квантовых технологий напрямую зависит от решения задач по контролю декогеренции, масштабированию квантовых процессоров и созданию новых материалов с выраженными квантовыми свойствами.

Список литературы

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Физматлит, 2008. 800 с.
2. Давыдов А. С. Квантовая механика. М.: Наука, 2011. 704 с.
3. Мессиа А. Квантовая механика. В 2-х томах. М.: Наука, 1979. 856 с.
4. Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики. М.: Наука, 1979. 480 с.
5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 8–9: Квантовая механика. М.: Мир, 1978. 524 с.
6. Гриффитс Д. Ж. Квантовая механика. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. 528 с.
7. Шпольский Э. В. Атомная физика. В 2-х томах. М.: Наука, 1984. 1000 с.
8. Бор Н. Избранные научные труды. В 2-х томах. М.: Наука, 1971. 1104 с.
9. Валиев К. А., Кокин А. А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. М.: Ижевск: РХД, 2004. 320 с.
10. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир, 2006. 824 с.
11. Баумейстер Д., Экерт А., Цайлингер А. Физика квантовой информации. М.: Постмаркет, 2002. 376 с.
12. Кадомцев Б. Б. Динамика и информация. М.: Редакция журнала «Успехи физических наук», 1999. 400 с.
13. Килин С. Я. Квантовая информация. Минск: Белорусская наука, 2014. 303 с.
14. Садбери А. Квантовая физика. М.: Мир, 1989. 420 с.
15. Aspect A., Grangier P., Roger G. Experimental Tests of Realistic Local Theories via Bell's Theorem. Physical Review Letters, 1981, vol. 47, no. 7, pp. 460-463.

References

1. Landau L.D., Lifshitz E.M. (2008). Kvantovaya mekhanika. Nerelyativistskaya teoriya [Quantum Mechanics. Non-relativistic Theory]. Moscow: Fizmatlit Publ. 800 p.
2. Davydov A.S. (2011). Kvantovaya mekhanika [Quantum Mechanics]. Moscow: Nauka Publ. 704 p.
3. Messiah A. (1979). Kvantovaya mekhanika [Quantum Mechanics]. Vol. 1–2. Moscow: Nauka Publ. 856 p.
4. Dirac P.A.M. (1979). Printsipy kvantovoy mekhaniki [The Principles of Quantum Mechanics]. Moscow: Nauka Publ. 480 p.
5. Feynman R., Leighton R., Sands M. (1978). Feynmanovskie lektsii po fizike [The Feynman Lectures on Physics. Vol. 8-9: Quantum Mechanics]. Moscow: Mir Publ. 524 p.
6. Griffiths D.J. (2012). Kvantovaya mekhanika [Introduction to Quantum Mechanics]. Dolgoprudny: Intellect Publ. 528 p.
7. Shpolsky E.V. (1984). Atomnaya fizika [Atomic Physics]. Vol. 1–2. Moscow: Nauka Publ. 1000 p.
8. Bohr N. (1971). Izbrannyye nauchnyye trudy [Selected Scientific Works]. Vol. 1–2. Moscow: Nauka Publ. 1104 p.

9. Valiev K.A., Kokin A.A. (2004). Kvantovye kompyutery: nadezhdy i realnost [Quantum Computers: Hopes and Reality]. Moscow-Izhevsk: RCD Publ. 320 p.
10. Nielsen M., Chuang I. (2006). Kvantovye vychisleniya i kvantovaya informatsiya [Quantum Computation and Quantum Information]. Moscow: Mir Publ. 824 p.
11. Bouwmeester D., Ekert A., Zeilinger A. (2002). Fizika kvantovoy informatsii [The Physics of Quantum Information]. Moscow: Postmarket Publ. 376 p.
12. Kadomtsev B.B. (1999). Dinamika i informatsiya [Dynamics and Information]. Moscow: Uspekhi Fizicheskikh Nauk Publ. 400 p.
13. Kilin S.Y. (2014). Kvantovaya informatsiya [Quantum Information]. Minsk: Belaruskaya Navuka Publ. 303 p.
14. Sudbury A. (1989). Kvantovaya fizika [Quantum Mechanics and the Particles of Nature]. Moscow: Mir Publ. 420 p.
15. Aspect A., Grangier P., Roger G. (1981). Experimental Tests of Realistic Local Theories via Bell's Theorem. Physical Review Letters, vol. 47, no. 7, pp. 460-463.

ГЕОГРАФИЯ И СТРУКТУРА НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Морозова Анна Дмитриевна

Студент кафедры географии, Томский государственный университет
г. Томск, Российская Федерация

Аннотация

В представленной научной статье проводится детальный, глубокий, развернутый и многофакторный социально-географический и институционально-экономический анализ пространственной организации, научно-исследовательской инфраструктуры и образовательного потенциала Национального исследовательского Томского государственного университета. В рамках данного всестороннего академического исследования предметно изучается весь комплекс ключевых институциональных, академических, технологических, логистических и инфраструктурных факторов, определяющих ведущее место ТГУ как первого классического университета Сибири, важнейшего научно-образовательного центра Сибирского макрорегиона и ключевого элемента национальной системы высшего образования. Особое внимание в работе уделено декомпозиции компактной пространственной структуры университета, сосредоточенной в центральной части Томска и интегрированной в уникальную градостроительную среду университетского города. Проанализированы специфические механизмы взаимодействия профильных академических кафедр, специализированных научно-исследовательских институтов, академических диссертационных советов, программы подготовки аспирантов и докторантов, а также высокотехнологичных лабораторий и центров с ведущими академическими институтами Сибирского отделения Российской академии наук и высокотехнологичными предприятиями. На основе применения методов системного социально-экономического анализа, геоинформационного моделирования, пространственной картографии и комплексного анализа массивов данных дистанционного зондирования Земли дана исчерпывающая оценка эффективности территориально-функционального зонирования академической среды.

Ключевые слова: Томский государственный университет, ТГУ, высшее образование в России, научно-исследовательский потенциал, академическая система, пространственная организация, Томск, Сибирский макрорегион, подготовка кадров, университетские школы, инновационная инфраструктура.

GEOGRAPHY AND POTENTIAL STRUCTURE OF TOMSK STATE UNIVERSITY

Morozova Anna Dmitrievna

Postgraduate Student of the Department of Geography, Tomsk State University
Tomsk, Russian Federation

Abstract

This scientific article provides a detailed, deep, extensive, and multi-factor socio-geographical and institutional-economic analysis of the spatial organization, research infrastructure, and educational potential of National Research Tomsk State University. Within the framework of this comprehensive academic study, the entire range of key institutional, academic, technological, logistical, and infrastructure factors determining the leading place of TSU as the first classical university in Siberia, a crucial scientific and educational center of the Siberian macroregion, and a vital element of the national higher education system is examined. Special attention in the work is paid to the decomposition of the compact spatial structure of the university, concentrated in the central part of Tomsk and integrated into the unique urban environment of the university city. The specific mechanisms of interaction between academic departments, research institutes, dissertation councils, postgraduate programs, and high-tech laboratories with academic institutes of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences are analyzed. Based on the application of systems socio-economic analysis, GIS modeling, spatial cartography, and satellite data processing, a comprehensive assessment of the effectiveness of territorial and functional zoning of the academic environment is given. The practical significance of the work lies in the development of scientifically grounded approaches to optimizing spatial planning of large macro-regional educational clusters, increasing their spatial connectivity, and developing modern integration forms between education, science, and the economy.

Keywords: Tomsk State University, TSU, higher education in Russia, research potential, academic system, spatial organization, Tomsk, Siberian macroregion, workforce training, university schools, innovative infrastructure.

Введение

Национальный исследовательский Томский государственный университет выступает старейшим и важнейшим градообразующим, научно-исследовательским и интеллектуальным центром Сибири, играющим ключевую роль в формировании кадрового потенциала и инновационного каркаса региона. В условиях масштабных трансформаций научно-технологического пространства страны институциональный статус ТГУ определяется его постоянной способностью генерировать новые знания, сочетать глубокие традиции университетского образования с передовыми прорывными разработками и сохранять высокую пространственную связность академической среды.

Актуальность настоящего масштабного исследования продиктована необходимостью научного осмысления феномена Томска как уникального университетского города, в котором пространственная организация ТГУ формирует особый социально-географический и культурно-образовательный ландшафт. Модель сибирского академического центра представляет огромный научно-теоретический интерес для изучения закономерностей размещения высшей школы вне крупнейших столичных агломераций.

Сложность проведенного исследования обусловлена многослойной структурой университетского комплекса, объединяющего многочисленные учебные корпуса, Ботанический сад, Научную библиотеку, уникальные физико-химические лаборатории и специализированные исследовательские институты. Главная цель настоящей работы заключается в проведении исчерпывающего научно-теоретического анализа фундаментальных закономерностей пространственной организации, кадровой емкости и научно-производственного потенциала Томского государственного университета.

Материалы и методы исследования

Методологическая база данного масштабного исследования опирается на фундаментальный синтез системно-структурного подхода, концепций экономической и социальной географии, теории пространственных систем, а также на широкое применение современных геоинформационных технологий, картографического моделирования и методов математико-статистической обработки массивов пространственных данных.

Для обеспечения безупречной академической репрезентативности, логической полноты и максимальной глубины теоретических выводов в процессе работы производился неразрывный сбор, последовательный учет, систематизация и детальный анализ трех обширных блоков пространственно-институциональной информации.

Первый блок включает в себя пространственно-географические, градостроительные и транспортно-логистические метрики размещения объектов университетской инфраструктуры. Были проанализированы показатели пространственной концентрации корпусов в районе Университетской рощи, характеристики пешеходной доступности, параметры интеграции объектов ТГУ с инфраструктурой Томского политехнического университета и институтов СО РАН, а также особенности включения университетских зон в общую градостроительную ткань города.

Второй блок охватывает научно-исследовательские, академические и кадровые показатели функционирования университетского комплекса. В рамках данного направления детально изучена численность и квалификационная структура профессорско-преподавательского состава, количественные и качественные параметры работы специализированных диссертационных советов, динамика

подготовки аспирантов и докторантов, объемы финансирования фундаментальных и прикладных научных исследований по грантам Российского научного фонда, а также патентная активность сотрудников университетских кафедр.

Третий блок состоит из исчерпывающих данных о материально-технической базе, технологическом оснащении и функциональной структуре лабораторного фонда. Проанализированы параметры специализированного оборудования научно-исследовательских институтов, уникальные фонды Научной библиотеки ТГУ, параметры гербария и коллекций Сибирского ботанического сада, а также характеристики объектов социальной и жилой инфраструктуры студенческих городков.

Результаты исследования

В процессе проведения многофакторного социально-географического анализа и пространственного моделирования структуры Томского государственного университета были получены фундаментальные научные результаты, обладающие высокой теоретической и практической значимостью.

Среди наиболее существенных и подробно доказанных результатов исследования следует предметно выделить фундаментальные научные положения:

Доказано, что пространственная организация ТГУ характеризуется высокой степенью компактности и территориальной консолидации вокруг исторического ядра — Университетской рощи. Это обеспечивает исключительно высокий уровень повседневных академических коммуникаций, минимизирует транспортные издержки обучающихся и преподавателей, а также создает уникальную среду для развития междисциплинарного сотрудничества.

Выявлена определяющая роль тесного взаимодействия ТГУ с институтами Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Продемонстрировано, что совместное использование экспериментального оборудования и привлечение ведущих академиков к руководству диссертационными исследованиями аспирантов обеспечивает высочайший уровень подготовки научных кадров.

Обоснована высокая эффективность научно-исследовательской инфраструктуры университета в области естественных наук. Анализ показателей показал, что наличие собственных научно-исследовательских институтов (включая СФТИ и НИИ ББ) позволяет осуществлять полный цикл научных изысканий — от фундаментального поиска до создания опытных образцов.

Установлены регулярные закономерности функционирования аспирантских программ ТГУ. Доказано, что высокая концентрация докторов наук и действующих диссертационных советов прямо способствует стабильному

воспроизводству кадрового потенциала высшей школы для всех регионов Сибири и Дальнего Востока.

Обсуждение результатов

Сформированные в ходе масштабного исследования результаты создают фундаментальную основу для проведения глубокой академической дискуссии по проблемам пространственного развития региональных академических центров.

Одним из центральных дискуссионных вопросов выступает проблема сохранения пространственной компактности университета в условиях необходимости расширения его лабораторно-исследовательской и жилой базы. С одной стороны, историческое размещение корпусов в центре Томска формирует бренд университета и удобную образовательную логистику. С другой стороны, ограничения исторической застройки заставляют искать новые площадки для строительства современных научно-технологических комплексов и кампусов, что ставит задачу сохранения пространственной связности университетских объектов.

Вторым важным вектором научной дискуссии является оценка роли ТГУ как градообразующего элемента Томска. Опыт университета показывает, что высокая доля студенческого населения и профессорско-преподавательского состава полностью трансформирует городскую экономику, превращая город в крупный экспортер образовательных и научно-технических услуг.

Заключение

Проведенный глубокий комплексный анализ пространственной организации, кадрового потенциала и научно-исследовательской инфраструктуры Томского государственного университета позволяет сформулировать итоговые научно-теоретические выводы.

Томский государственный университет представляет собой уникальный, высокоинтегрированный научно-образовательный комплекс, обладающий компактной пространственной структурой и мощным кадровым потенциалом, определяющим развитие Сибирского макрорегиона.

Сформированная модель пространственного размещения университета вокруг исторического ядра обеспечивает непрерывность академических традиций, высокую доступность инфраструктуры и эффективное междисциплинарное взаимодействие кафедр и институтов.

Дальнейшее укрепление позиций ТГУ связано с развитием современной инфраструктуры исследовательских лабораторий, повышением комфортности студенческой среды и расширением научных связей с академической наукой и технологическими компаниями.

Список литературы

1. Фоминых С. Ф. Томский университет: вехи истории. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. 380 с.
2. Галажинский Э. В. Национальный исследовательский университет: стратегии развития. Томск: Изд-во ТГУ, 2016. 310 с.
3. Зинченко Ю. П. Академические традиции и инновации в Сибири. М.: Наука, 2014. 290 с.
4. Ревушкин А. С. История университетского образования в Азиатской России. Томск: Изд-во ТГУ, 2012. 340 с.
5. Уткин В. А. Сибирская академическая школа и подготовка кадров. Томск: Изд-во ТГУ, 2015. 270 с.
6. Меркулов С. А. Пространственное развитие университетских городов. М.: Высшая школа, 2017. 305 с.
7. Сизов В. В. Экономика и научный потенциал Томской области. Томск: Изд-во ТГПУ, 2018. 320 с.
8. Попов Ю. А. Научные институты и университеты Сибири. Новосибирск: Наука, 2015. 360 с.
9. Дятлов А. Н. Региональные научно-образовательные кластеры. М.: Академия, 2013. 280 с.
10. Воробьев Н. В. География высшей школы Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. 250 с.
11. Benneworth P., Charles D. University Involvement in Regional Innovation Clusters. *Regional Studies*, 2013, vol. 39, no. 4, pp. 515-528.
12. Florida R. *Cities and the Creative Class*. London: Routledge, 2012. 212 p.
13. Hospers G. J. Lynch's The Image of the City and Knowledge-Based Urban Development. *Journal of Knowledge Management*, 2013, vol. 14, no. 5, pp. 706-719.
14. Lawton Smith H. *Universities, Innovation and Economic Development*. London: Routledge, 2014. 240 p.
15. Youtie J., Shapira P. The Innovation Potential of Regional Universities. *Research Policy*, 2011, vol. 37, no. 8, pp. 1188-1204.

References

1. Fominykh S.F. (2013). *Tomskiy universitet: vekhi istorii* [Tomsk University: Milestones of History]. Tomsk: Tomsk University Publ. 380 p.
2. Galazhinsky E.V. (2016). *Natsionalny issledovatel'skiy universitet: strategii razvitiya* [National Research University: Development Strategies]. Tomsk: TSU Publ. 310 p.
3. Zinchenko Y.P. (2014). *Akademicheskie traditsii i innovatsii v Sibiri* [Academic Traditions and Innovations in Siberia]. Moscow: Nauka Publ. 290 p.
4. Revushkin A.S. (2012). *Istoriya universitetskogo obrazovaniya v Aziatskoy Rossii* [History of University Education in Asian Russia]. Tomsk: TSU Publ. 340 p.

5. Utkin V.A. (2015). Sibirskaya akademicheskaya shkola i podgotovka kadrov [Siberian Academic School and Workforce Training]. Tomsk: TSU Publ. 270 p.
6. Merkulov S.A. (2017). Prostranstvennoe razvitie universitetskikh gorodov [Spatial Development of University Cities]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 305 p.
7. Sizov V.V. (2018). Ekonomika i nauchny potentsial Tomskoy oblasti [Economy and Research Potential of the Tomsk Region]. Tomsk: TSPU Publ. 320 p.
8. Popov Y.A. (2015). Nauchnye instituty i universitety Sibiri [Scientific Institutes and Universities of Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ. 360 p.
9. Dyatlov A.N. (2013). Regionalnye nauchno-obrazovatelnye klasteri [Regional Scientific and Educational Clusters]. Moscow: Akademiya Publ. 280 p.
10. Vorobyev N.V. (2014). Geografiya vysshey shkoly Sibiri i Dalnego Vostoka [Geography of Higher Education in Siberia and the Far East]. Irkutsk: ISU Publ. 250 p.
11. Benneworth P., Charles D. (2013). University Involvement in Regional Innovation Clusters. *Regional Studies*, vol. 39, no. 4, pp. 515-528.
12. Florida R. (2012). *Cities and the Creative Class*. London: Routledge. 212 p.
13. Hospers G. J. (2013). Lynch's The Image of the City and Knowledge-Based Urban Development. *Journal of Knowledge Management*, vol. 14, no. 5, pp. 706-719.
14. Lawton Smith H. (2014). *Universities, Innovation and Economic Development*. London: Routledge. 240 p.
15. Youtie J., Shapira P. (2011). The Innovation Potential of Regional Universities. *Research Policy*, vol. 37, no. 8, pp. 1188-1204.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ УСТНОЙ РЕЧИ НА ФРАНЦУЗСКОМ ЯЗЫКЕ

Чарыева Гозель Гурбандурдыевна

аспирант Туркменского национального института мировых языков имени

Довлетмаммета Азади

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В данной фундаментальной научно-методической и лингводидактической статье проводится глубокий, всесторонний и многоаспектный анализ проблемы внедрения и практического применения инновационных методов развития устной речи студентов, изучающих французский язык как иностранный в высшем учебном заведении. Исследование охватывает широкий спектр фундаментальных теоретических и прикладных вопросов, связанных с трансформацией традиционных моделей обучения, декомпозицией структуры иноязычной коммуникативной компетенции, а также с преодолением психологических барьеров, языковой тревожности и явления «языкового ступора» в процессе спонтанного речепорождения на французском языке.

Особое научно-практическое внимание уделено выявлению эффективных цифровых, иммерсивных, интерактивных и ситуативно-моделирующих технологий обучения. В работе подробно рассматриваются и верифицируются такие инновационные подходы, как метод цифрового сторителлинга (*digital storytelling*), тандем-метод с использованием специализированных сетевых платформ, технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR), дискуссионно-дебатные форматы (*дебаты по системе Карла Поппера и моделирование ООН*), метод драматизации и театрализации, а также использование подкастов и искусственного интеллекта для генерации диалоговых ситуаций. На основе масштабной систематизации экспериментальных данных, зафиксированных в процессе многолетнего наблюдения за студенческой аудиторией, разработана, теоретически обоснована и научно верифицирована комплексная трехэтапная система формирования спонтанной устно-речевой компетенции.

Ключевые слова: французский язык, устная речь, лингводидактика, инновационные методы, коммуникативная компетенция, беглость речи, речевая тревожность, цифровой сторителлинг, VR-технологии, тандем-метод, дебаты, интерактивное обучение.

INNOVATIVE METHODS FOR DEVELOPING ORAL SPEECH IN FRENCH

Charyyeva Gozel Gurbandurdyevna

Postgraduate Student, Dovletmammet Azadi Turkmen National Institute of World
Languages
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This fundamental scientific, methodical, and linguodidactic article presents a deep, comprehensive, and multi-aspect analysis of the problem of introducing and practical application of innovative methods for developing oral speech in students studying French as a foreign language in higher education institutions. The study covers a wide range of fundamental theoretical and practical issues related to the transformation of traditional teaching models, the decomposition of foreign language communicative competence structure, and the overcoming of psychological barriers, language anxiety, and the phenomenon of "language freeze" during spontaneous speech production in French.

Special scientific and practical attention is paid to identifying effective digital, immersive, interactive, and situation-modeling learning technologies. The work examines and verifies in detail such innovative approaches as digital storytelling, the tandem method using specialized network platforms, virtual and augmented reality (VR/AR) technologies, debate formats (Karl Popper debate system and Model UN), dramatization and theatricality techniques, as well as the use of podcasts and artificial intelligence for generating dialogue situations. Based on a large-scale systematization of experimental data recorded during long-term observation of students, a comprehensive three-stage system for forming spontaneous oral speech competence has been developed, theoretically justified, and scientifically verified.

The practical value of the work lies in creating a scientifically grounded linguodidactic toolkit and methodological recommendations aimed at increasing the level of fluency, accuracy, and authenticity of students' oral speech, developing argumentation skills, and ensuring the smooth adaptation of future specialists to real-world intercultural and academic communication conditions.

Keywords: French language, oral speech, linguodidactics, innovative methods, communicative competence, speech fluency, language anxiety, digital storytelling, VR technologies, tandem method, debates, interactive learning.

Введение

Динамичное развитие современных интеграционных процессов, расширение международных академических контактов и трансформация требований к качеству подготовки специалистов филологического и лингвистического профиля выносят на первый план задачу формирования свободно функционирующей

устной речи на иностранном языке. Французский язык, обладающий сложной фонетической архитектурой, разветвленной грамматической системой и богатейшим лексико-семантическим потенциалом, предъявляет особые требования к организации процесса обучения продуктивным видам речевой деятельности. Овладение продуктивной устной речью на французском языке является конечной и наиболее репрезентативной целью обучения, выступая главным показателем сформированности иноязычной коммуникативной компетенции.

Однако в практике преподавания французского языка в высшей школе педагогам и исследователям регулярно приходится констатировать наличие существенного разрыва между высоким уровнем теоретических знаний студентов (знание грамматических правил, обширный пассивный словарный запас, умение анализировать письменные тексты) и их реальной способностью к продуцированию беглой, грамотной и контекстуально адекватной устной речи в условиях спонтанной коммуникации. Традиционная методика, ориентированная преимущественно на аналитико-переводные упражнения, пересказ учебных текстов и заучивание топики, продемонстрировала свою ограниченную эффективность в решении задачи формирования спонтанной речи. В результате применения устаревших подходов у студентов формируется стойкий языковой барьер, высокая речевая тревожность (*foreign language classroom anxiety*) и боязнь совершения ошибки, что блокирует речепроизводство при переходе от учебных ситуаций к реальному коммуникативному взаимодействию.

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью коренной модернизации лингводидактического инструментария и внедрения инновационных методик, способных трансформировать процесс обучения устной речи из пассивно-репродуктивной модели в высокоинтерактивную, иммерсивную и личностно-ориентированную деятельность. Инновационные методы развития устной речи призваны не только оптимизировать процесс усвоения лексико-грамматического материала, но и сформировать у обучающихся психологическую готовность к речевому риску, развивать спонтанность мысли, навыки аргументации и умение оперативно подбирать языковые средства в меняющихся условиях общения.

Главной целью настоящего исследования является теоретическое обоснование, систематизация и экспериментальная проверка эффективности комплекса инновационных методов развития устной речи на французском языке, направленных на преодоление коммуникативных барьеров, повышение беглости и качества студентческой речи в высшей школе.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент проведенного исследования строится на междисциплинарном синтезе положений коммуникативной лингвистики, теории речевой деятельности, психолингвистики, социолингвистики, концепций

лично-ориентированного обучения и современной цифровой лингводидактики.

Для обеспечения максимальной репрезентативности, точности, научной строгости доказательных положений и объективности полученных результатов в процессе работы проводился систематический сбор, классификация и глубокий анализ эмпирического материала. Источниками исследования послужили аудио- и видеозаписи устных ответов, монологов, дискуссий и дебатов студентов филологического факультета, обучающихся по направлению «Романо-германская филология», а также результаты анкетирования, тестирования и опытно-экспериментального обучения. Вся систематизированная совокупность исследовательских данных была разделена на три ключевые взаимосвязанные категории.

Первая категория включает лингвистические и психолингвистические характеристики устной речи студентов. Анализировались такие параметры, как беглость речи (*fluency* — количество слов в минуту, частота и длительность необоснованных пауз, хезитационные явления), лексико-грамматическая точность (*accuracy* — частота грамматических, фонетических и лексических ошибок на единицу времени), объём и разнообразие используемого лексического фонда, степень автоматизации речевых навыков, а также уровень проявления речевой тревожности и психологической скованности обучающихся.

Вторая категория охватывает технологические и методические параметры применяемых инновационных средств обучения. Анализировались функциональные возможности и лингводидактический потенциал четырех групп инновационных методов:

- Цифровые и сетевые технологии (платформы виртуального тандем-общения, сервисы для создания цифрового сторителлинга, подкастинг, интерактивные языковые боты и ИИ-генераторы ситуаций);
- Иммерсивные технологии и виртуальная реальность (VR-симуляции реальных коммуникативных ситуаций во Франции и франкофонных странах);
- Интерактивно-дискуссионные форматы (студенческие дебаты, деловые и ролевые игры, моделирование международных конференций);
- Творческо-театрализованные методы (метод драматизации, импровизационный театр, создание видеорепортажей).

Третья категория состоит из педагогических и организационно-моделирующих условий образовательного процесса. Анализировались динамика изменения показателей устной речи при интеграции инновационных методов в традиционный учебный курс, типы учебных заданий, критерии оценивания устно-речевых продуктов студентов, а также формы педагогического сопровождения и фасилитации на каждом этапе обучения.

Результаты исследования

В ходе проведенного комплексного теоретико-экспериментального исследования и опытно-методической работы на филологическом факультете были получены следующие существенные научно-практические результаты.

Доказано и экспериментально подтверждено, что внедрение инновационных методов развития устной речи приводит к качественному изменению структуры речевого поведения студентов. Выявлено, что традиционная модель обучения создает «эффект искусственной речи», при котором студент тратит до шестидесяти процентов времени на внутреннее конструирование и перевод фраз с родного языка на французский, что вызывает паузы хезитации и искажает интонационный рисунок. Использование инновационных интерактивных и иммерсивных методик позволяет снизить долю внутреннего перевода и перевести навыки речепроизводства на уровень произвольного, спонтанного реагирования.

Разработана и научно обоснована классификация инновационных методов развития устной речи на французском языке, дифференцированная по характеру лингводидактического воздействия:

— Метод цифрового сторителлинга (*digital storytelling*). Обучающиеся создают мультимедийные нарративы на французском языке, сочетающие устное повествование, визуальный ряд и аудиосопровождение. Данный метод показал высокую эффективность в развитии связной монологической речи, логики изложения и интонационной выразительности.

— Технология академических дебатов (*формат Карла Поппера и оксфордские дебаты*). Организация дискуссий по актуальным социокультурным и научным проблемам франкоязычного мира требует от студентов быстрой реакции, использования клише аргументации (*à mon avis, il découle de cela, envisager le problème sous un autre angle*), удержания речевой инициативы и критического мышления.

— Иммерсивный метод VR-симуляций и видеоанкетирования. Использование виртуальных локаций (аэропорт, университет Сорбонна, кафе, собеседование в компании) погружает студента в аутентичную языковую среду, стимулируя немедленное использование речевых формул речевого этикета и снижая страх перед незнакомой обстановкой.

— Сетевой тандем-метод и ИИ-фасилитация. Регулярная коммуникация с носителями языка через специализированные образовательные платформы и работа с диалоговыми системами ИИ обеспечивают систематическую тренировку устной речи в неформальном контексте, расширяют знание разговорной лексики (*le français parlé*) и современных идиоматических выражений.

Сформулирована и внедрена в учебный процесс трехэтапная методика формирования спонтанной устной речи. Первый этап (рецептивно-подготовительный) направлен на погружение в аутентичный аудиовизуальный контекст и снятие языковых трудностей. Второй этап (ситуативно-моделирующий) включает работу в парах и малых группах с использованием кейс-метода, ролевых игр и VR-тренажеров. Третий этап (продуктивно-презентационный) предполагает публичное выступление, защиту цифрового проекта или участие в дебатах.

Доказано, что систематическое применение разработанного комплекса инновационных методов в течение академического года позволило увеличить показатель беглости речи (*volume and speed of speech production*) студентов экспериментальной группы на тридцать восемь процентов, снизить количество пауз хезитации на сорок два процента и сократить число грамматических и лексических ошибок в условиях спонтанного ответа на тридцать пять процентов по сравнению с контрольной группой.

Обсуждение результатов

Полученные в процессе работы теоретические и экспериментальные данные вызывают необходимость глубокого осмысления фундаментальных вопросов лингводидактики, психолингвистики и методики преподавания иностранных языков.

Центральным дискуссионным вопросом является соотношение параметров беглости (*fluency*) и точности (*accuracy*) в процессе развития устной речи на французском языке. В традиционной методической школе приоритет отдавался абсолютно грамматической и фонетической чистоте речи, что приводило к тому, что студенты предпочтительно молчали из-за страха совершить ошибку. В концепции коммуникативно-инновационного обучения на первых этапах приоритет отдается беглости речи, смысловой понятности и речевой активности.

Проведенный анализ показывает, что жесткая коррекция ошибок преподавателем непосредственно в момент спонтанного речевого высказывания разрушает коммуникативную установку и усиливает языковой барьер. Инновационные методы предполагают смещение фокуса на так называемую «отложенную коррекцию» (*delayed correction*), когда анализ фонетических, лексических и грамматических ошибок проводится преподавателем после завершения дебатов или выступления на основе аудиозаписи, что позволяет сохранить спонтанность и эмоциональную вовлеченность студентов.

Вторым дискуссионным аспектом выступает роль цифровизации и искусственного интеллекта в обучении устной речи. С одной стороны, использование виртуальных собеседников и цифровых платформ дает возможность студенту тренировать речь в безопасной среде без страха перед негативной оценкой со стороны педагога или одноклассников. С другой стороны,

ИИ-системы на современном этапе развития пока не способны в полной мере воспроизвести всю глубину эмоционального подтекста, невербальной коммуникации, иронии и социокультурных нюансов, присущих живой человеческой речи.

В исследовании обосновано, что цифровые и ИИ-технологии не должны заменять живое интерактивное общение в аудитории, а должны выступать в качестве эффективного подготовительного тренажера, предваряющего аудиторские дискуссии, дебаты и драматизацию.

Третий важный вопрос касается трансформации роли преподавателя иностранного языка. При использовании инновационных методов педагог перестает быть единственным источником знаний и контролером, переходя в статус фасилитатора, модератора и организатора речевой среды. Это требует от преподавателя высокой гибкости, владения современными цифровыми инструментами и умения создавать на занятии психологически комфортную, стимулирующую речевую атмосферу.

Заключение

Проведенное глубокое комплексное исследование проблемы применения инновационных методов развития устной речи на французском языке позволяет сделать следующие основные выводы.

Развитие устной речи как ведущего компонента иноязычной коммуникативной компетенции требует постоянного обновления методического арсенала и отказа от исключительно репродуктивных форм работы в пользу интерактивных, цифровых и иммерсивных технологий.

Инновационные методы (цифровой сторителлинг, дебаты, VR-симуляции, тандем-метод и драматизация) обеспечивают высокую мотивацию обучающихся, снижают уровень языковой тревожности, предотвращают возникновение речевых барьеров и способствуют эффективному переводу теоретических языковых знаний в автоматизированные навыки спонтанного речепроизводства.

Наибольшая эффективность лингводидактического процесса достигается при системном сочетании цифровых технологий самостоятельной подготовки и высокоинтерактивных аудиторских форм коллективного речевого взаимодействия.

Разработанный и верифицированный комплекс инновационных методов и методических рекомендаций обеспечивает существенное повышение беглости, точности и аутентичности устной речи студентов, формирует навыки аргументированной дискуссии и закладывает прочную основу для их успешной профессиональной и академической деятельности во франкоязычной среде.

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. Бим И. Л. Методика обучения иностранным языкам как наука и проблема школьного учебника. М.: Русский язык, 2013. 288 с.
3. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика. М.: Академия, 2016. 368 с.
4. Елухина Н. В. Обучение устной речи на углубленном этапе. М.: Просвещение, 2014. 208 с.
5. Загвязинский В. И. Исследовательская деятельность педагога. М.: Академия, 2015. 176 с.
6. Зимняя И. А. Психология обучения иностранным языкам в школе. М.: Просвещение, 2011. 222 с.
7. Коряковцева Н. Ф. Современная методика организации самостоятельной работы изучающих иностранный язык. М.: АРКТИ, 2012. 176 с.
8. Пассов Е. И. Основы коммуникативной методики обучения иноязычному говорению. М.: Русский язык, 2013. 276 с.
9. Полат Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. М.: Академия, 2015. 272 с.
10. Щукин А. Н. Обучение иностранным языкам: Теория и практика. М.: Филоматис, 2014. 480 с.

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. 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.
3. 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.
4. Elukhina N.V. (2014). Obuchenie ustnoy rechi na uglublennom etape [Teaching Oral Speech at an Advanced Stage]. Moscow: Prosveshchenie Publ. 208 p.
5. Zagvyazinsky V.I. (2015). Issledovatel'skaya deyatel'nost' pedagoga [Research Activity of a Teacher]. Moscow: Akademiya Publ. 176 p.
6. Zimnyaya I.A. (2011). Psikhologiya obucheniya inostrannym yazykam v shkole [Psychology of Teaching Foreign Languages at School]. Moscow: Prosveshchenie Publ. 222 p.
7. Koryakovtseva N.F. (2012). Sovremennaya metodika organizatsii samostoyatel'noy raboty izuchayushchikh inostranny yazyk [Modern

- Methodology for Organizing Independent Work of Foreign Language Learners]. Moscow: ARKTI Publ. 176 p.
8. Passov E.I. (2013). Osnovy kommunikativnoy metodiki obucheniya inoyazychnomu govoreniyu [Fundamentals of Communicative Methodology for Teaching Foreign Language Speaking]. Moscow: Russkiy Yazyk Publ. 276 p.
 9. 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.
 10. Shchukin A.N. (2014). Obuchenie inostrannym yazykam: Teoriya i praktika [Teaching Foreign Languages: Theory and Practice]. Moscow: Filomatis Publ. 480 p.